

FEBRERO - MAYO 2024

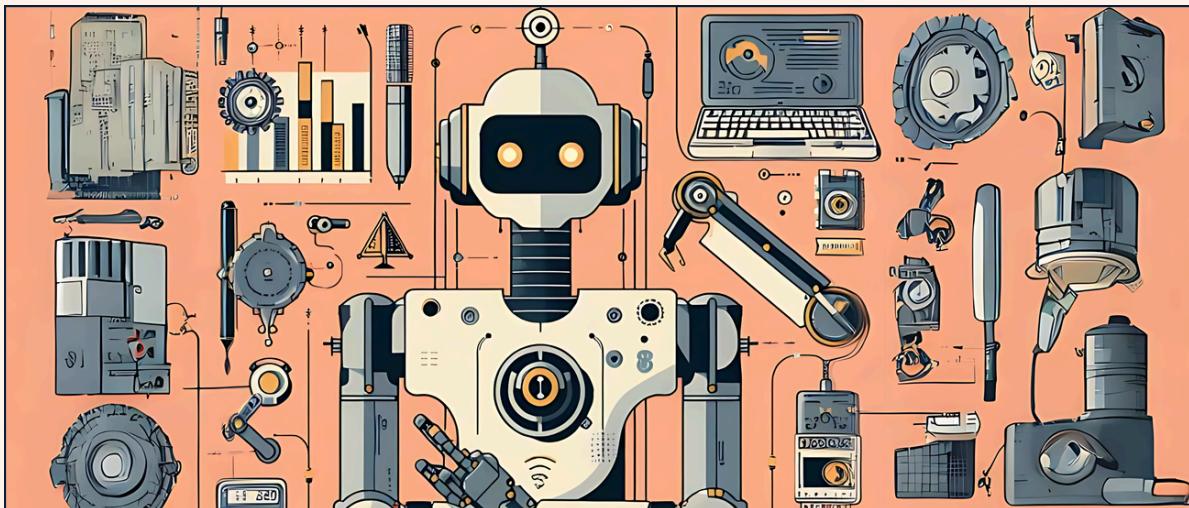


Logística Inteligente

ROBOLOGIX

Proyecto de Automatización Industrial

Jose Luis Galán | Alberto Andrés | Gonzalo Albelda | Gonzalo Martín



jolugaav@gmail.com

ÍNDICE

1. Resumen

- Beneficios de la propuesta 5
- Problemas a abordar 5
- Agradecimientos 5

2. Equipo

- Nuestra empresa 6
- Funciones desempeñadas 6

3. Introducción

- Contextualización 7
- Justificación del proyecto 7
- Descripción del proceso manual 8
- Oportunidades de mejora 9

4. Propuesta de automatización

- Análisis de alternativas 9
- Objetivos del proyecto y KPIs 11
- Descripción y funcionamiento 11
- Aspectos relacionados 12
- Impactos adicionales 13
- Límites y restricciones 14

5.Diseño de la solución

- Descripción de los dispositivos y sus funciones15
- Algoritmos implementados17
- Diseño de la BBDD18
- Arquitectura de integración de los componentes22
- Distribución en planta25

6.Desarrollo e Implementación

- Gestión del proyecto26
 - Plan detallado de la implementación26
 - Listado de entregables28
- Pruebas y Validación29
 - Estrategia de pruebas29
 - Procedimientos de validación30
 - Resultados esperados30
- Costes y Beneficios32
 - Presupuesto detallado32
 - Análisis Coste-Beneficio33
 - ROI34

7.Normativa y regularización de seguridad

- Regulaciones y estándares36
- Impacto en los puestos de trabajo36
- Prevencion de riesgo37

8.Desarrollo de Software

- Listado tecnológico 39
- BackEnd..... 40
- Desarrollo del código 41
- Estructura de la programación 43

9.Visión de Futuro

- Mejoras en la programación 44
- Implementación de nuevas tecnologías 45

10.Conclusiones y Recomendaciones

- Conclusión 46
- Recomendaciones para la empresa 47

11.Referencias y Anexos

- Recursos utilizados 49
- Listado de referencias 50

RESUMEN

El proyecto de automatización presentado por la empresa NN redefine los estándares de eficiencia y productividad en la industria logística. Este se centra en el desarrollo de una solución integral de automatización para la gestión de pedidos, abordando los desafíos en los procesos manuales del almacenamiento, control y gestión de productos. Utilizando tecnologías de vanguardia como las conexiones MQTT, algoritmos de optimización y robótica avanzada, nuestra solución tiene como objetivo principal transformar los procesos logísticos tradicionales en operaciones completamente automatizadas.

Beneficios de la propuesta

La implementación de nuestra solución de automatización ofrece una serie de beneficios significativos para las empresas del sector logístico. Entre estos beneficios se incluyen una mejora sustancial en la eficiencia operativa, con la capacidad de realizar tareas de manera continua y sin interrupciones. Además, se espera una reducción significativa en los costes laborales asociados con la gestión manual de envíos, así como una disminución en los errores humanos, lo que lleva a una mayor precisión en los procesos logísticos.



Problemas por Abordar

El proyecto aborda varios problemas clave que enfrentan las empresas en la gestión de envíos, incluida la alta carga laboral de los trabajadores en los procesos manuales, la incapacidad de operar las 24 horas del día, los altos costes laborales y la posibilidad de errores humanos. Al automatizar estos procesos, nuestra solución busca superar estos desafíos y proporcionar una plataforma robusta y confiable para la gestión eficiente en la industria logística.

Agradecimientos



En primer lugar, gracias a los encargados de la organización de la feria de proyectos por brindarnos esta oportunidad de abrirnos las puertas al mundo empresarial, también a nuestros profesores encargados de la asignatura PR2: Eduardo Vendrell, Joan Fons, Paco Blanes y Juan Antonio.

EQUIPO

Nuestra empresa

NN es una empresa que surge con la visión de revolucionar la industria a través de soluciones robóticas inteligentes, destacándose por su compromiso con la innovación y la capacidad para desarrollar soluciones robóticas avanzadas que transforman la manera en que las empresas abordan sus procesos operativos. Nos especializamos en ofrecer soluciones integrales de automatización para empresas en diversos sectores industriales. Desde la consultoría inicial hasta la implementación de proyectos a medida, nos apasiona trabajar en colaboración con nuestros clientes para desarrollar soluciones personalizadas que impulsen su crecimiento y competitividad en el mercado.

Funciones desempeñadas

**Jose Luis Galán****Avilés**

Leader, designer and programmer

Desarrollo de la planificación del proyecto, diseño y documentación, diseñador del modelo de conexiones mqtt y programador del ESP32-MASTER, del frontend web, de la simulación en RoboDK, y desarrollo del algoritmo de ordenación.

**Alberto Andrés Gómez**

Web and DDBB developer

Desarrollador del modelo de persistencia de información, programador de la BBDD SQL y programador de frontend y backend de la web, incluyendo la conexión mqtt entre web y algoritmo

**Gonzalo Albelda****Barona**

Sensor and QR developer

Desarrollo de la planificación, diseño y programación del ESP32-SLAVE para la sensorización necesaria para el control de la estación, y tratamiento de datos a través de códigos QR.

**Gonzalo Martín****Peñalba**

Programmer developer

Programación y optimización de algoritmos voraces para la ordenación de objetos, y desarrollo de la documentación.

INTRODUCCIÓN

Contextualización

El sector logístico es un pilar fundamental en la economía global, facilitando el movimiento eficaz de bienes y mercancías a nivel mundial. Según datos recientes, el valor del mercado logístico global alcanzó aproximadamente los 10 billones de dólares en 2022, y tiene una gran proyección de crecimiento en los próximos años, impulsado por factores como el auge del comercio electrónico y la globalización.

Este sector engloba una variedad de actividades que incluyen transporte, almacenamiento, distribución y gestión de inventarios, entre otras. Sin embargo, a pesar de los avances tecnológicos en diversas áreas, muchos procesos logísticos aún dependen en gran medida de métodos manuales y tradicionales. Esto plantea una serie de desafíos en términos de eficiencia, precisión y capacidad para adaptarse a las demandas de un mercado en constante evolución.



A pesar de su importancia y crecimiento continuo, el sector logístico enfrenta una serie de desafíos significativos en la actualidad. Entre los principales retos se encuentran la necesidad de optimizar la cadena de suministro para reducir costes y tiempos de entrega, mejorar la visibilidad y la trazabilidad de los productos a lo largo de toda la cadena logística, y abordar la creciente presión por ofrecer servicios más rápidos, flexibles y sostenibles. Además, la digitalización y la adopción de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial, el Internet de las cosas (IoT) y la robótica, están transformando rápidamente la forma en que operan las empresas logísticas, pero también plantean desafíos en términos de integración y capacitación del personal.

Justificación del proyecto

La automatización en el sector logístico es un impulsor clave de la eficiencia operativa y el desarrollo empresarial. Al eliminar tareas manuales repetitivas, se reduce el tiempo dedicado a procesos logísticos y se aumenta la productividad global. Esto conlleva una mejora significativa en la gestión de inventarios y la planificación de la demanda, permitiendo una cadena de suministro más eficiente y adaptable a los cambios del mercado. Además, la automatización contribuye a la reducción de errores asociados a la intervención humana, lo que se traduce en una disminución de costos por retrabajos y devoluciones de productos. Al mismo tiempo, mejora la seguridad laboral al trasladar tareas peligrosas a máquinas automatizadas, reduciendo el riesgo de accidentes y promoviendo el bienestar de los trabajadores.



Este proyecto también permite aumentar la velocidad y precisión de los procesos logísticos, lo que se traduce en una mayor capacidad de producción sin necesidad de contratar más personal. Esto facilita la escalabilidad del negocio y la adaptación a los cambios en la demanda del mercado. Además de los beneficios empresariales, la automatización mejora la experiencia del cliente al agilizar los procesos de preparación y entrega de pedidos, resultando en tiempos de entrega más rápidos y una experiencia general más satisfactoria. A nivel personal, la adopción de tecnologías automatizadas proporciona oportunidades para el desarrollo de habilidades técnicas entre el personal, preparándolos para las demandas del mercado laboral en constante evolución.

En resumen, la automatización en el sector logístico no solo impulsa la eficiencia operativa y la competitividad empresarial, sino que también mejora la seguridad laboral, la satisfacción del cliente y el desarrollo profesional del personal. Es una herramienta indispensable para enfrentar los desafíos del mercado actual y alcanzar el éxito a largo plazo.



Descripción del proceso manual

El proceso manual de preparación de pedidos implica la colaboración de dos operarios, cada uno asignado a tareas específicas en el proceso:

El primer operario se encarga de seleccionar los diferentes objetos que componen el pedido. Su tarea consiste en recorrer el área de almacenamiento, identificar los productos requeridos y transportarlos uno a uno hasta una mesa de trabajo. Este operario debe ser ágil y preciso en la identificación de los artículos, así como en su manejo para evitar daños o extravíos durante el transporte.

El segundo operario recibe los objetos seleccionados por el primero y se encarga de colocarlos cuidadosamente en una caja destinada para el envío. Su labor implica organizar los artículos de manera eficiente para maximizar el espacio disponible en la caja y garantizar que los productos lleguen en óptimas condiciones al destinatario final. Este operario debe tener habilidades de organización y atención al detalle para asegurar una preparación de pedidos precisa y ordenada.



Oportunidades de mejora

La automatización del proceso manual de preparación de pedidos ofrece diversas oportunidades de mejora en términos de eficiencia, precisión, flexibilidad y seguridad laboral. Además, proporciona una base sólida para la innovación y la adaptación empresarial en el futuro. Esto puede incluir la implementación de tecnologías emergentes, como el aprendizaje automático y la inteligencia artificial, para mejorar aún más los procesos. Además, la automatización ofrece una mayor flexibilidad para adaptarse a cambios en el mercado y en las preferencias de los clientes, lo que permite a las empresas mantenerse ágiles y competitivas en un entorno empresarial en constante evolución. En resumen, la automatización no solo mejora el rendimiento operativo actual, sino que también proporciona una plataforma para la innovación y el crecimiento futuro de la empresa.

Propuesta de automatización

Análisis de alternativas

Proceso Manual Actual: En este escenario, la empresa continúa utilizando el proceso manual de preparación de pedidos con dos operarios como se describió anteriormente. No se realizan cambios significativos en la metodología de trabajo ni se implementan nuevas tecnologías.

Descartamos mantener el proceso manual actual debido a su baja eficiencia y al difícil control sobre las operaciones. La dependencia de la mano de obra humana implica tiempos de procesamiento más largos y un mayor riesgo de errores, lo que limita la capacidad de la empresa para adaptarse a las demandas del mercado de manera ágil y eficiente.

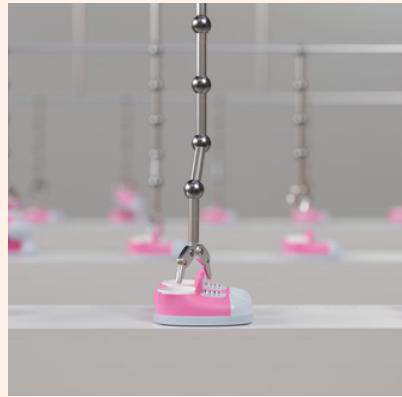


Implantación de otro tipo de Robots: Se podría considerar la implantación de otros tipos de robots, como los robots delta, para llevar a cabo tareas específicas dentro del proceso de preparación de pedidos. Estos robots podrían ser más adecuados para manipular objetos pequeños o realizar movimientos precisos en entornos con espacio limitado.

Descartamos la implantación de otros tipos de robots, como los robots delta o scara, debido a su complejidad de posición en planta y a sus limitados ejes de movimientos. Estas limitaciones podrían dificultar la integración de los robots en el proceso de preparación de pedidos y comprometer su eficacia y precisión.

Automatización con Robots Industriales: Otra opción sería la implementación de robots industriales para realizar tareas de manipulación y transporte de objetos en el proceso de preparación de pedidos. Estos robots pueden ofrecer una mayor capacidad de carga y velocidad en comparación con los operarios humanos.

Descartamos la automatización exclusiva con robots industriales debido a la falta de interacción entre el operario y el robot, así como por su gran tamaño y rigidez, que puede resultar inadecuada para la zona de colocación de cajas en el pedido. Esta falta de interacción y la rigidez del robot podrían afectar la flexibilidad y adaptabilidad del proceso.

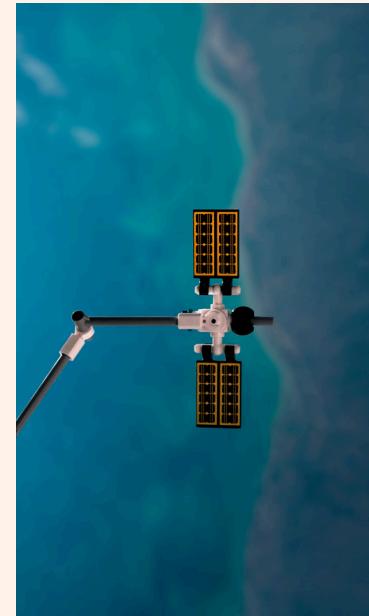


Automatización con Robots Colaborativos: Los cobots podrían ser otra alternativa, trabajando en colaboración con los operarios humanos para realizar tareas de manipulación y colocación de objetos en las cajas de envío. Los cobots pueden ofrecer una mayor flexibilidad y seguridad al trabajar en entornos compartidos con humanos.

Descartamos la automatización exclusiva con cobots debido a la falta de rango de movimiento en el despaletizado, especialmente cuando se requiere alcanzar múltiples palets. La limitación en el alcance de los cobots podría dificultar su capacidad para manipular objetos en diferentes ubicaciones dentro del almacén, lo que afectaría la eficiencia del proceso.

Otro Tipo de Comunicaciones: En cuanto a las comunicaciones, se podría optar por utilizar protocolos diferentes como TCP/IP en lugar de MQTT. Esto podría implicar una infraestructura de comunicación diferente y requeriría una integración específica con los sistemas existentes en la empresa.

Descartamos la opción de utilizar comunicaciones distintas, como TCP/IP en lugar de MQTT, debido a la dificultad de uso e integración con los sistemas existentes en la empresa. La implementación de un nuevo protocolo de comunicaciones requeriría una infraestructura adicional y una curva de aprendizaje para el personal, lo que podría generar complicaciones y retrasos en la implementación del sistema automatizado.



Objetivos del proyecto y KPIs

Mayor Eficiencia y Velocidad: El objetivo es reducir el tiempo de ciclo del proceso de preparación de pedidos en al menos un **30%** en comparación con el proceso manual actual. Esto se medirá mediante la reducción del tiempo total de procesamiento de pedidos, lo que indicará un aumento en la eficiencia y la velocidad del proceso.

Mejora de las Condiciones Laborales: Buscamos disminuir el riesgo de lesiones laborales en un **50%** en comparación con el proceso manual actual. Esto se reflejará en una reducción significativa del riesgo de lesiones para los trabajadores, lo que indica una mejora en las condiciones laborales y la seguridad en el lugar de trabajo.

Sistemas 24 Horas: Nuestro objetivo es lograr un funcionamiento del sistema las **24 horas del día, los 7 días de la semana**, sin interrupciones significativas. Este KPI medirá la disponibilidad del sistema, asegurando que esté operativo en todo momento para satisfacer las demandas del mercado de manera continua.

Reducción de Errores: Se busca reducir la tasa de error en la preparación de pedidos en al menos un **20%** en comparación con el proceso manual actual. Este indicador se medirá mediante la disminución de errores en la selección y colocación de productos, lo que mejorará la calidad y la precisión de los envíos.

Mayor Control: El objetivo es incrementar el nivel de supervisión y trazabilidad del proceso en un **30%** en comparación con el proceso manual actual. Esto se reflejará en un mayor control sobre el proceso de preparación de pedidos, permitiendo una supervisión detallada en tiempo real y una identificación proactiva de posibles problemas.

Descripción y funcionamiento

La automatización del proceso de preparación de pedidos no solo mejora la eficiencia y precisión, sino que también reduce significativamente el tiempo y los errores asociados con el manejo manual. A continuación, se describen los pasos detallados del proceso automatizado, desde el picking inicial hasta la entrega final del pedido completo para su envío.

1. Picking de las Cajas por el Robot Industrial: El proceso automatizado comienza con el robot industrial, que se encarga de seleccionar y recoger las cajas de los estantes de almacenamiento.

2. Traslado por la Cinta Transportadora: Una vez que el robot industrial ha realizado el picking, las cajas son colocadas en una cinta transportadora, que las traslada a la siguiente estación de trabajo.

3. Detección y Picking por el Cobot: Al llegar a la estación de trabajo, un sensor de barrera detecta la presencia de las cajas. Esta información es enviada al cobot, que realiza el picking de las cajas desde la cinta transportadora.

4. Colocación de las Cajas por el Cobot UR: El cobot UR recibe la información de ubicación y coloca las cajas en las posiciones designadas dentro de la caja de envío.

5. Transporte del Pedido Completo por el AGV: Una vez que todas las cajas han sido colocadas correctamente, un AGV (Automated Guided Vehicle) se encarga de recoger el pedido completo y llevarlo a la zona de envío para su procesamiento y envío final.

Aspectos relacionados

La propuesta de automatización del proceso de preparación de pedidos impacta y mejora varios aspectos relacionados con los recursos materiales y humanos, así como la gestión y planificación de la operación logística.

Procesos Relacionados: La automatización facilita una gestión de inventarios más precisa y en tiempo real, permitiendo actualizar automáticamente el estado del inventario y garantizando una reposición oportuna de los productos. Además, los sistemas automatizados permiten implementar controles de calidad rigurosos mediante sensores y cámaras que inspeccionan productos y cajas durante el proceso, asegurando que solo productos en perfecto estado lleguen a los clientes. La incorporación de sensores en los robots también posibilita el mantenimiento predictivo, reduciendo tiempos de inactividad no planificados y prolongando la vida útil de los equipos.



Recursos Materiales y Humanos: La automatización optimiza el uso del espacio en el almacén, permitiendo un almacenamiento más denso y organizado gracias a la capacidad de los robots industriales y cobots para operar en áreas compactas. Además, reduce la necesidad de que los empleados realicen tareas repetitivas y físicamente exigentes, mejorando las condiciones laborales y disminuyendo el riesgo de lesiones. Esto, a su vez, brinda a los empleados la oportunidad de desarrollar nuevas habilidades y conocimientos, mejorando su perfil profesional y adaptabilidad en el mercado laboral.

Gestión y Planificación: La precisión y rapidez de los sistemas automatizados permiten una planificación de la producción más eficiente, ajustando las operaciones según la demanda en tiempo real y optimizando los recursos. A largo plazo, la automatización puede reducir los costes operativos mediante ahorros en salarios, errores y tiempo de inactividad, resultando en un retorno de la inversión favorable. Además, proporciona una mayor flexibilidad para adaptarse a cambios en la demanda, permitiendo reprogramar los sistemas para manejar diferentes productos y volúmenes sin requerir cambios significativos en la infraestructura.



Impactos Adicionales

La automatización del proceso de preparación de pedidos trae consigo una serie de impactos adicionales que se extienden más allá de la eficiencia operativa y la precisión. Estos impactos se pueden categorizar en varios ámbitos:

Impactos Ambientales: La automatización puede contribuir a la sostenibilidad ambiental al optimizar el uso de recursos y reducir el desperdicio. Sistemas más precisos y eficientes disminuyen el consumo de energía y materiales. Además, la reducción en el uso de papel y otros materiales de embalaje, así como la minimización de errores y retrabajos, contribuyen a una menor huella de carbono.

Impactos Tecnológicos: La implementación de tecnologías avanzadas, como los robots industriales y cobots, y el uso de protocolos de comunicación modernos como MQTT, posiciona a la empresa a la vanguardia de la innovación. Esto no solo mejora la competitividad, sino que también abre la puerta a futuras integraciones de tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial y el Internet de las Cosas (IoT), mejorando continuamente las capacidades operativas.

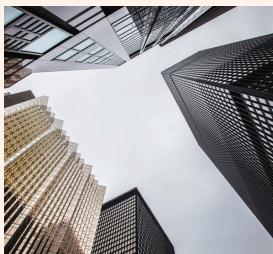
Impactos Logísticos: La automatización optimiza los procesos logísticos al aumentar la velocidad y precisión del picking y empaquetado de pedidos. Esto resulta en una mayor capacidad de procesamiento y una reducción en los tiempos de entrega, lo cual mejora la satisfacción del cliente. Además, la operación continua de 24 horas permite una mejor gestión de los picos de demanda y una utilización más eficiente de las instalaciones logísticas.

Impactos Salariales: Aunque la automatización puede reducir la dependencia de mano de obra para tareas repetitivas, también crea oportunidades para roles más especializados y técnicos. Los empleados pueden ser capacitados para gestionar y mantener los sistemas automatizados, mejorando sus habilidades y potencial salarial. Además, la reducción de tareas físicas y repetitivas puede contribuir a una mayor satisfacción laboral y una menor tasa de lesiones y enfermedades laborales.

Límites y restricciones

La implementación de la automatización en el proceso de preparación de pedidos presenta varios límites y restricciones que deben ser considerados para asegurar el éxito del proyecto. Estos se pueden categorizar en términos de tecnología, infraestructura, costos, capacitación y normativas.

Límites Tecnológicos: La integración de diversos sistemas automatizados, como robots industriales, cobots y microcontroladores, puede enfrentar desafíos técnicos relacionados con la compatibilidad y la interoperabilidad. Además, la dependencia de la tecnología de comunicación MQTT requiere una infraestructura de red robusta y estable para asegurar una transmisión de datos continua y sin errores. Cualquier fallo en la red puede interrumpir el proceso automatizado, afectando la eficiencia y la productividad.



Restricciones de Infraestructura: El espacio físico en el almacén puede ser una limitación significativa. La instalación de robots industriales y cobots requiere suficiente espacio para operar de manera segura y eficiente. La disposición actual del almacén puede necesitar ser reconfigurada para acomodar los nuevos sistemas, lo que puede implicar costos adicionales y tiempo de inactividad durante la transición.

Restricciones Financieras: La inversión inicial en equipos automatizados es considerable. Con un coste inicial de 281.709,50 €, es crucial asegurar que el retorno de la inversión (ROI) sea favorable a largo plazo. Además, los costos de mantenimiento y actualización de los sistemas automatizados deben ser considerados en el presupuesto, ya que pueden afectar la rentabilidad del proyecto.



Capacitación del Personal: La transición a un sistema automatizado requiere que el personal existente adquiera nuevas habilidades para operar y mantener los equipos. Esto implica programas de capacitación intensivos que pueden ser costosos y llevar tiempo. La resistencia al cambio por parte del personal también puede ser una barrera, afectando la adopción y la eficiencia del nuevo sistema.

Capacitación del Personal: La transición a un sistema automatizado requiere que el personal existente adquiera nuevas habilidades para operar y mantener los equipos. Esto implica programas de capacitación intensivos que pueden ser costosos y llevar tiempo. La resistencia al cambio por parte del personal también puede ser una barrera, afectando la adopción y la eficiencia del nuevo sistema.

Restricciones Normativas y de Seguridad: Cumplir con las normativas de seguridad y regulaciones laborales es esencial. Los robots y sistemas automatizados deben cumplir con las normativas de seguridad industrial para prevenir accidentes y asegurar un entorno de trabajo seguro. Además, las restricciones laborales relacionadas con la sustitución de trabajadores por sistemas automatizados deben ser gestionadas cuidadosamente para evitar conflictos laborales y asegurar el bienestar de los empleados.

Diseño de la solución

Descripción de dispositivos y sus funciones

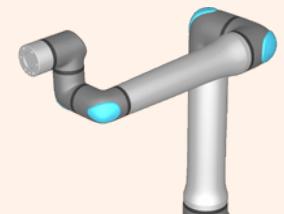
Robot ABB IRB 6640-130/3.2:

El ABB IRB 6640-130/3.2 es un robot industrial de seis ejes diseñado para manejar tareas pesadas y repetitivas con alta precisión y velocidad. Con una capacidad de carga máxima de 130 kg y un alcance de 3.2 metros, este robot es ideal para aplicaciones de manipulación de materiales, ensamblaje y paletizado. Sus características avanzadas incluyen control de movimiento rápido, precisión de posicionamiento y una estructura robusta que garantiza una operación confiable y duradera en entornos industriales exigentes.



UR20:

El UR20 es un robot colaborativo (cobot) de Universal Robots que ofrece una carga útil de 20 kg y un alcance de 1.75 metros. Diseñado para trabajar de manera segura junto a operarios humanos, el UR20 es flexible y fácil de programar, lo que lo convierte en una excelente opción para aplicaciones de manipulación y ensamblaje que requieren interacción directa con personas. Su capacidad de detección de colisiones y programación intuitiva permite una rápida integración en procesos de producción existentes, mejorando la eficiencia y seguridad.



OMRON HD-1500:

El OMRON HD-1500 es un vehículo autónomo guiado (AGV) diseñado para el transporte de cargas pesadas en entornos industriales. Con una capacidad de carga de hasta 1500 kg, este AGV es ideal para mover grandes volúmenes de materiales entre estaciones de trabajo y áreas de almacenamiento. Equipado con sensores avanzados y tecnología de navegación autónoma, el HD-1500 puede operar de manera segura y eficiente, evitando obstáculos y optimizando las rutas de transporte dentro de la instalación.



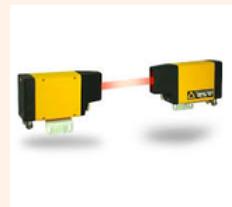
Conveyor Belt 3m:

La cinta transportadora de 3 metros es un componente crucial en el sistema automatizado de preparación de pedidos. Esta cinta transportadora está diseñada para mover productos y cajas de manera continua entre diferentes estaciones de trabajo. Fabricada con materiales duraderos y equipada con un motor de velocidad ajustable, la cinta transportadora asegura un flujo constante y eficiente de materiales, mejorando la productividad y reduciendo el tiempo de manipulación manual.



Sensor Barrera:

El sensor de barrera es un dispositivo de detección que utiliza un haz de luz para identificar la presencia o ausencia de objetos en su trayectoria. En el contexto del sistema automatizado, el sensor de barrera se utiliza para detectar cuando una caja llega a una posición específica en la cinta transportadora, activando el siguiente paso en el proceso. Este sensor es crucial para la sincronización precisa de las operaciones y para asegurar que los robots y otros dispositivos actúen en el momento adecuado.



Sensor LDR:

El sensor LDR es un dispositivo de detección que varía su resistencia según la intensidad de luz. En este proyecto, se utiliza para ajustar la iluminación o activar sistemas en función de la luz ambiental. Es crucial para aplicaciones que requieren una respuesta automática a cambios en la iluminación.



Pantalla LCD de 16x2:

La pantalla LCD de 16x2 muestra hasta 16 caracteres en dos líneas. Se usa para presentar información al usuario, como estados de operación y datos en tiempo real. Es esencial para una visualización clara y directa en el sistema.



Sensor de Ultrasonidos:

El sensor de ultrasonidos mide distancias mediante ondas de sonido. En el proyecto, se emplea para detectar la proximidad de objetos, garantizando una operación segura y precisa en la detección de obstáculos y en la navegación de robots.



Seta de Emergencia:

La seta de emergencia es un dispositivo de seguridad crítico que permite detener inmediatamente el funcionamiento de todos los equipos automatizados en caso de emergencia. Colocada en puntos estratégicos a lo largo de la línea de producción, la seta de emergencia es fácilmente accesible para los operarios y sirve para prevenir accidentes y daños en situaciones de peligro. Su activación corta el suministro de energía a los equipos, garantizando una respuesta rápida y segura ante cualquier incidente.



ESP32-S3 "Master" y "Slave":

El ESP32-S3 "Master" es un microcontrolador avanzado que actúa como el cerebro central del sistema de automatización. Equipado con capacidades de comunicación inalámbrica, el ESP32-S3 "Master" coordina las operaciones de todos los dispositivos conectados, enviando y recibiendo comandos a través del protocolo MQTT. Su capacidad para manejar múltiples conexiones simultáneamente y procesar datos en tiempo real es fundamental para la operación fluida y eficiente del sistema automatizado.

El ESP32-S3 "Slave" es otro microcontrolador que trabaja en conjunto con el ESP32-S3 "Master", ejecutando tareas específicas dentro del sistema de automatización. Este dispositivo recibe instrucciones del "Master" y controla componentes individuales, como sensores y actuadores, asegurando que cada parte del proceso funcione en sincronía. La utilización de múltiples ESP32-S3 "Slave" permite una distribución eficiente de las tareas y una mayor flexibilidad en la configuración del sistema.

Algoritmos implementados

El algoritmo desarrollado se utiliza para optimizar el proceso de preparación de pedidos en un entorno automatizado. Su objetivo principal es determinar la disposición óptima de las cajas dentro de los contenedores, maximizando así el uso del espacio disponible y garantizando la eficiencia en la manipulación y transporte de los productos.

Este sigue una estrategia voraz, donde se toman decisiones localmente óptimas en cada paso con la esperanza de llegar a una solución globalmente óptima. En este caso, el algoritmo busca colocar las cajas en los contenedores de manera que se minimice el espacio vacío y se eviten solapamientos, priorizando las posiciones que permitan un uso eficiente del espacio.

MAIN:

El segmento principal del código ejecuta un bucle continuo que espera la llegada de nuevos pedidos. Una vez que se detecta un pedido en el sistema, se crea un objeto de tipo *order* que contiene la información sobre las cajas a preparar. Luego, se inicializa un objeto de tipo *Algorithms* con las dimensiones de los contenedores y la lista de cajas del pedido. Finalmente, se llama al método *place_boxes()* del objeto *Algorithms* para iniciar el proceso de colocación de las cajas en los contenedores.

Clases desarrolladas:

- **Box (Caja):** Representa una caja que contiene productos para ser preparados y enviados. Cada caja tiene atributos como altura, anchura, longitud y número de identificación.
- **Container (Contenedor):** Modela un contenedor que almacena un conjunto de cajas preparadas para su envío. Posee atributos que describen sus dimensiones y una lista de objetos que indica qué cajas están almacenadas en él.
- **Target (Objetivo):** Representa el objetivo de colocación de una caja en un contenedor. Tiene coordenadas que indican la posición espacial donde se debe colocar la caja y un estado que indica si la posición es válida o no.
- **Order (Pedido):** Encapsula la información sobre un pedido recibido. Contiene una lista de cajas que deben prepararse y enviarse, junto con otros atributos como el número de pedido y la fecha de creación.
- **Shipment (Envío):** Modela un envío completo que contiene varios contenedores preparados para su entrega. Puede tener atributos adicionales como la dirección de envío y la fecha de entrega prevista.
- **Algorithm (Algoritmo):** Implementa los algoritmos utilizados para la preparación de pedidos automatizada. Contiene métodos para realizar la colocación óptima de las cajas en los contenedores, minimizando el espacio vacío y evitando solapamientos.

El algoritmo de ordenación implementado comienza inicializando variables para contar el número de cajas y contenedores utilizados. Luego, se procede a ordenar las cajas según un criterio específico, probablemente el tamaño o la prioridad de los productos. A continuación, se inicia un bucle que recorre las cajas y busca la mejor posición para colocar cada una dentro de los contenedores disponibles. Se utilizan técnicas de anidación de bucles para explorar todas las posibles combinaciones de posición y orientación de las cajas en los contenedores. Una vez que se ha colocado una caja, se actualiza el estado de los objetos en uso y se calcula la posición del objetivo correspondiente para el robot encargado del empaquetado. Este proceso se repite hasta que todas las cajas han sido colocadas en los contenedores de manera óptima. Finalmente, se generan los resultados y se almacenan para su posterior procesamiento o envío.

Pseudocódigo:

```

css
Copiar código

Función colocarCajas():
    Inicializar variables
    Ordenar cajas

    Mientras haya cajas sin colocar:
        Para cada caja en cajas_en_uso:
            Para cada posición en el contenedor:
                Si la caja cabe en la posición y es válida:
                    Colocar caja
                    Calcular posición objetivo
                    Agregar objetivo
                    Marcar caja como colocada

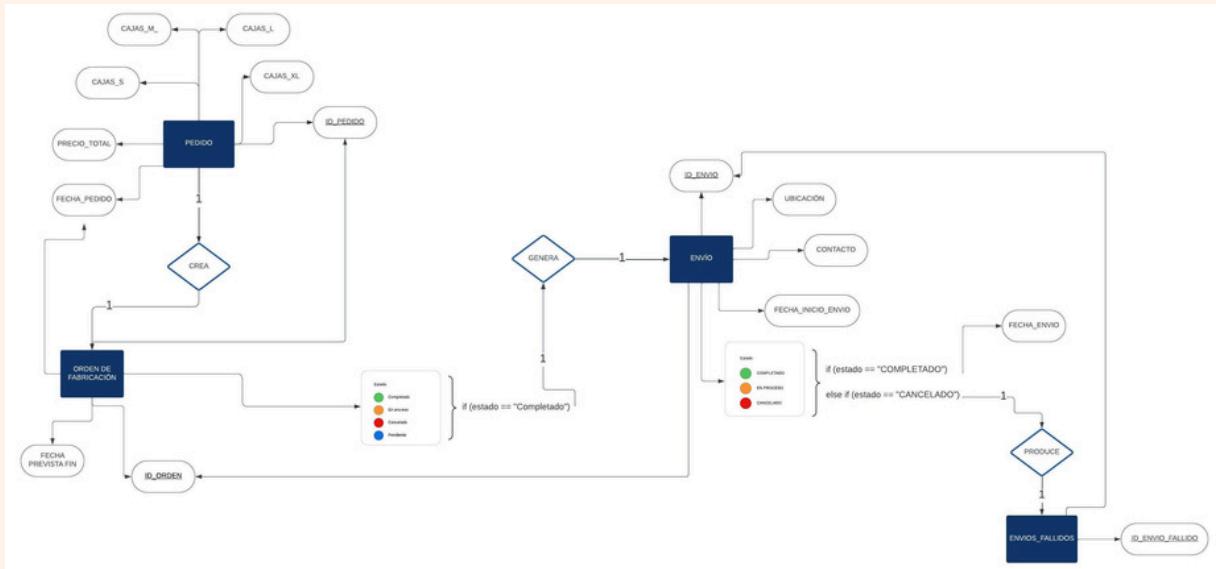
    Crear contenedor con cajas colocadas
    Guardar contenedor
    Guardar resultados
    Reiniciar objetos y cajas

```

Diseño de la BBDD

Para nuestra base de datos hemos optado por un sistema de SQL (Structured Query Language), es decir, una base de datos relacional. Hemos elegido esta opción por encima de una base de datos no relacional (NoSQL) porque los datos a almacenar no son muy extensos. Además, los datos organizados por tablas crean un sistema muy entendible y fácil de implementar. Por último, consideramos que la forma de hacer consultas y uniones es idónea para nuestra implementación.

Otro factor importante es la amplia documentación y soporte comunitario que SQL ofrece, lo cual facilita la resolución de problemas y el aprendizaje continuo. Las bases de datos relacionales también tienen una estructura bien definida y estándares establecidos, lo que garantiza consistencia y fiabilidad en el manejo de los datos. Al usar SQL, podemos aprovechar la capacidad de realizar transacciones, asegurando que nuestras operaciones sean atómicas y seguras. La escalabilidad vertical de las bases de datos SQL permite mejorar el rendimiento sin complicaciones significativas.



A continuación, explicaremos el proceso que sigue la base de datos desde que se hace un pedido paso a paso.

Proceso de Pedido

- Realización del Pedido:** Cuando un cliente hace un pedido, se inserta una nueva fila en la tabla pedido con todos los detalles del pedido, como las cantidades de cajas y el precio total, además, el atributo “fecha_pedido” al ser de tipo “DATE()” cada vez que se añada una entrada a la tabla, en “fecha_pedido” se almacenará la hora actual del sistema.
- Creación de la Orden de Fabricación:** Despues de registrar el pedido, se crea una orden de fabricación asociada a ese pedido. Se inserta una fila en la tabla orden de fabricación con el id del pedido correspondiente, la fecha prevista de finalización, y el estado de la orden que está inicializada a “en proceso” automáticamente cuando se crea una nueva entrada en la tabla.
- Estado de la Orden de Fabricación:** Si la orden de fabricación se completa con éxito, se actualiza el estado a “completado”. En caso contrario, el estado puede cambiar a “fallido” o mantenerse en “en proceso”.
- Generación del Envío:** Una vez que la orden de fabricación está “completada”, se genera un envío para entregar el pedido. Se inserta una nueva fila en la tabla envío vinculada a la orden de fabricación (id_orden), incluyendo detalles como la ubicación, contacto, estado del envío y fecha de inicio del envío.
- Estado del Envío:** Durante el proceso de envío, su estado puede actualizarse a “completado” si se entrega con éxito, “en proceso” si está en camino o “fallido” si ocurre algún problema.
- Registro de Envíos Fallidos:** Si un envío falla, se registra en la tabla envíos fallidos. Se inserta una fila con el id del envío fallido, permitiendo un seguimiento y análisis de los fallos en la entrega.

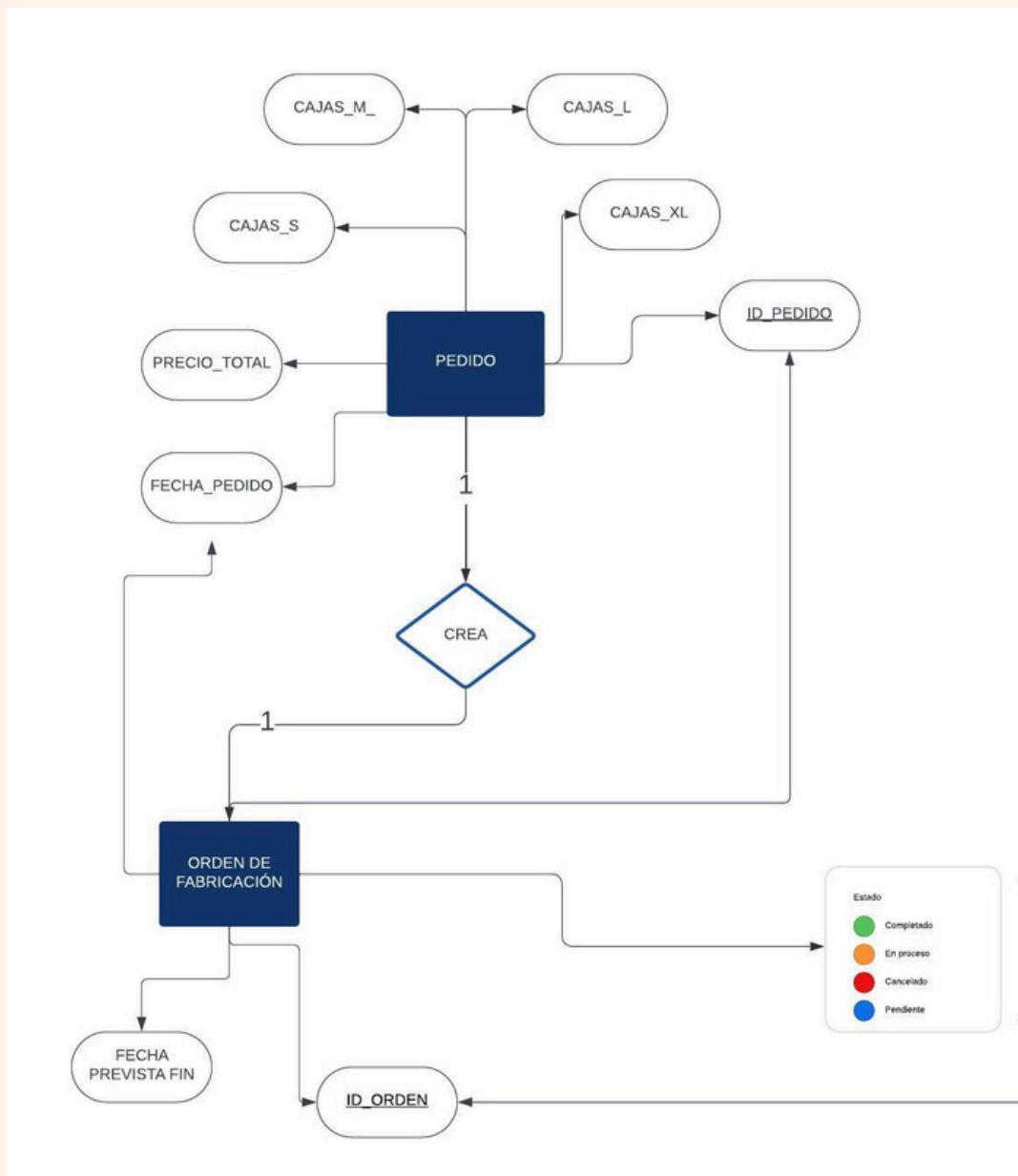
Resumen del Proceso

Cuando un cliente realiza un pedido, este se registra en la tabla `pedido`. En esta tabla se almacenan los detalles importantes del pedido.

A continuación, se crea una orden de fabricación asociada a este pedido. Cada orden de fabricación está vinculada a un pedido con el id del pedido, y contiene información sobre la fecha prevista de finalización y el estado actual de la orden.

Una vez que la orden de fabricación se completa con éxito, el proceso avanza y se genera un envío correspondiente en la tabla `envío`.

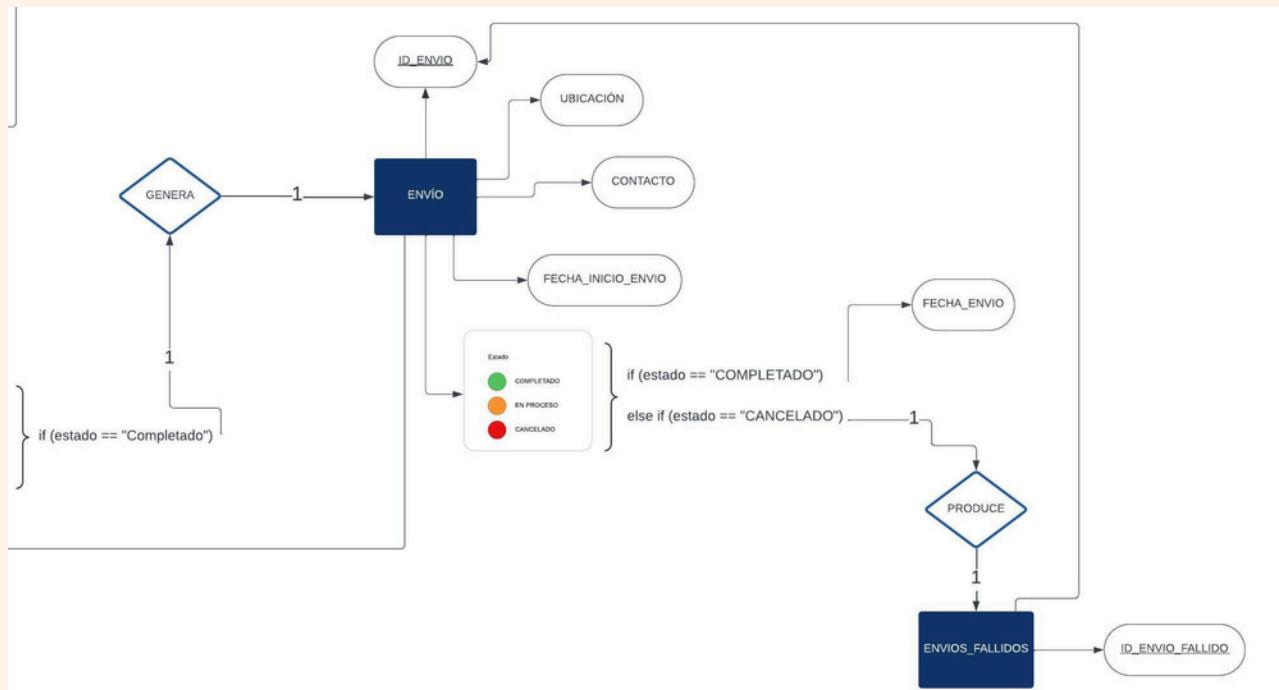
Si ocurre algún problema y el envío falla, se registra este evento en la tabla `envíos fallidos`. Aquí se almacena el `id_envio` del envío fallido, permitiendo realizar un seguimiento detallado y gestionar los problemas que puedan surgir durante la entrega.



Estado
Completado
En proceso
Cancelado
Pendiente

Una vez que la orden de fabricación se completa con éxito, el proceso avanza y se genera un envío correspondiente en la tabla `envío`.

Si ocurre algún problema y el envío falla, se registra este evento en la tabla `envíos fallidos`. Aquí se almacena el `id_envio` del envío fallido, permitiendo realizar un seguimiento detallado y gestionar los problemas que puedan surgir durante la entrega.

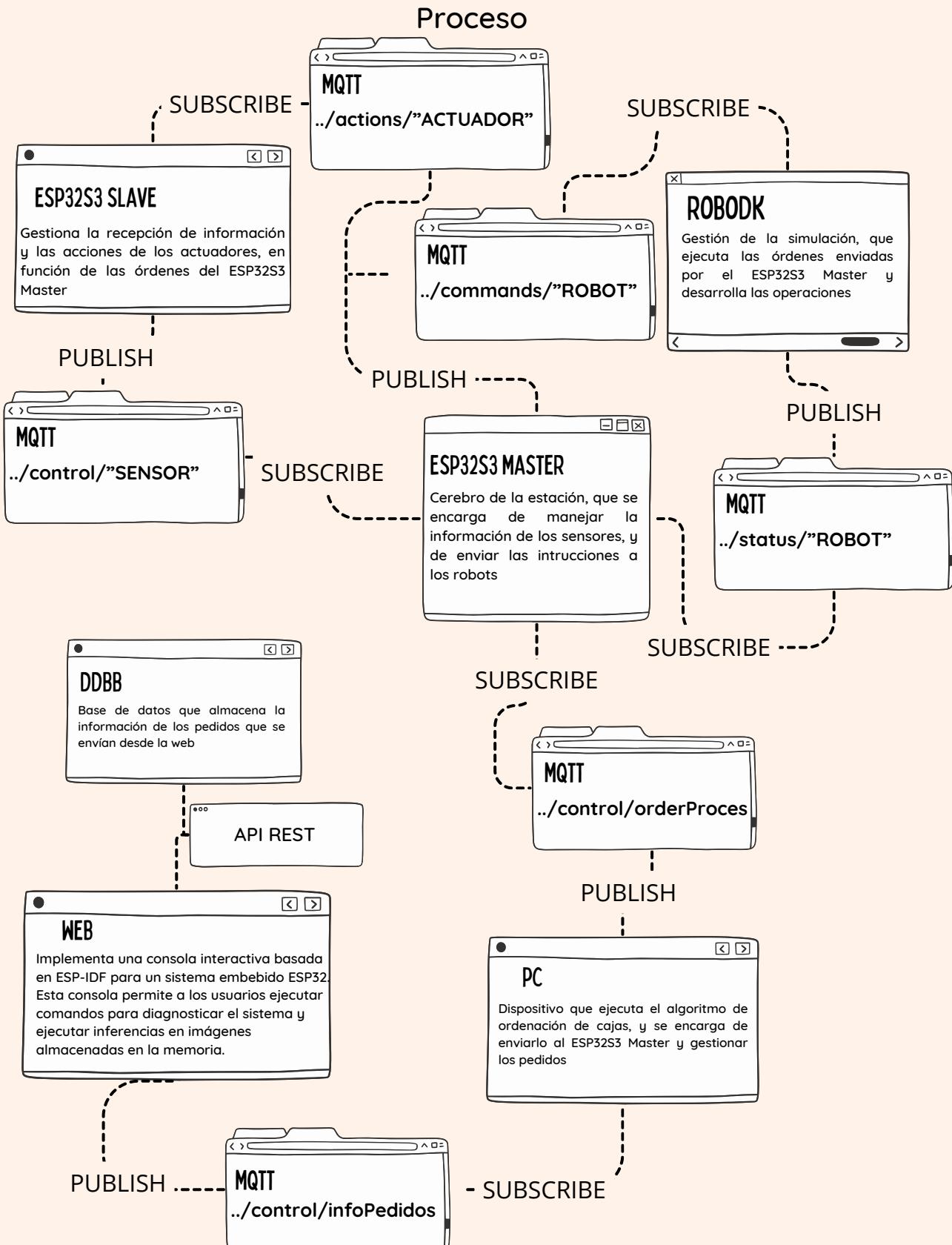


Este flujo estructurado garantiza que cada pedido se rastree de manera efectiva desde su creación hasta la entrega final, gestionando y registrando cada paso y estado del proceso. Esto asegura la integridad y la trazabilidad de los pedidos, permitiendo una gestión eficiente y una rápida resolución de problemas en caso de fallos. Además, este sistema facilita la identificación de cuellos de botella y áreas de mejora, lo que optimiza el rendimiento operativo. Al tener un registro detallado de cada etapa, podemos analizar y ajustar nuestros procesos para aumentar la eficiencia. También proporciona una base sólida para auditar y cumplir con las normativas y estándares de calidad.

Por otro lado, la transparencia en el seguimiento de los pedidos permite a los clientes estar informados en tiempo real sobre el estado de sus entregas, mejorando significativamente su experiencia y confianza en nuestro servicio. Este nivel de visibilidad no solo fortalece la relación con el cliente, sino que también reduce las consultas y quejas relacionadas con el estado de los pedidos. Además, la capacidad de gestionar y registrar cada paso del proceso nos ayuda a mantener un historial preciso de todas las operaciones, lo que es crucial para realizar análisis de desempeño y planificación estratégica a largo plazo.

Asimismo, el uso de un flujo estructurado nos proporciona la flexibilidad necesaria para adaptarnos rápidamente a cambios en la demanda o a imprevistos en la cadena de suministro. Al tener un sistema bien organizado, podemos implementar mejoras continuas y desarrollar soluciones proactivas para cualquier desafío que pueda surgir. En resumen, este enfoque integral no solo optimiza nuestras operaciones diarias, sino que también asegura una base robusta para el crecimiento y la innovación futura de nuestro negocio.

Arquitectura de integración de los componentes



La arquitectura del proyecto automatizado se basa en una serie de componentes integrados que trabajan en conjunto para garantizar la eficiencia y precisión de las operaciones. A continuación, se describe la función de cada uno de estos componentes:

1. ESP32S3 Master y Slave

- **ESP32S3 Master:** Actúa como el cerebro principal de la estación. Su función es gestionar la información de los sensores y enviar las instrucciones necesarias a los robots para la ejecución de las tareas programadas. Este dispositivo también se encarga de procesar las órdenes recibidas desde otros componentes del sistema.
- **ESP32S3 Slave:** Complementa al Master gestionando la recepción de información y las acciones de los actuadores según las órdenes del Master. Esto asegura una distribución eficiente de las tareas y un control preciso de los dispositivos conectados.

2. Web

La interfaz web permite a los usuarios interactuar con el sistema, gestionando pedidos y controlando las operaciones. Los pedidos ingresados a través de la web son enviados a la base de datos para su procesamiento posterior.

3. RoboDK

RoboDK es el software de simulación que ejecuta las órdenes enviadas por el ESP32S3 Master. Se encarga de desarrollar las operaciones simuladas, garantizando que los movimientos y acciones de los robots sean precisos y estén optimizados para las tareas asignadas.

4. Base de Datos (DDBB)

La base de datos almacena toda la información relacionada con los pedidos recibidos desde la web. Esta información es esencial para el seguimiento y gestión de los pedidos, permitiendo una trazabilidad completa desde el ingreso del pedido hasta su finalización.

5. PC

El PC ejecuta el algoritmo de ordenación de cajas, un proceso crítico para la organización eficiente del almacén. Este dispositivo también se encarga de enviar los resultados del algoritmo al ESP32S3 Master y de gestionar los pedidos, asegurando que se cumplan las órdenes de manera eficiente.

6. API REST

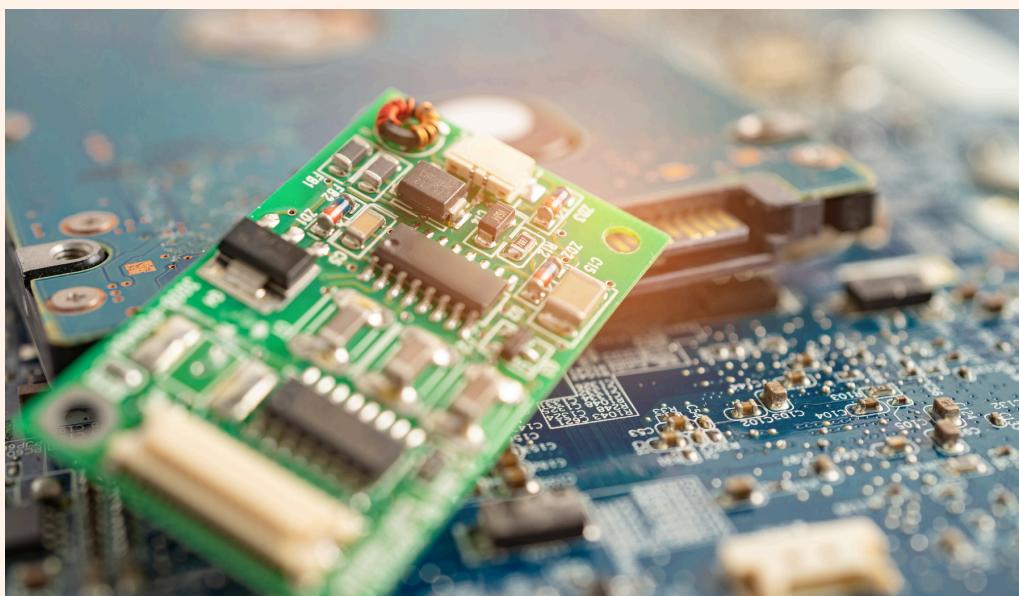
La API REST facilita la comunicación entre diferentes partes del sistema, permitiendo el intercambio de información de manera eficiente. Esta interfaz se utiliza para gestionar la información de los pedidos y coordinar las acciones entre los diferentes componentes del sistema.

7. MQTT (Message Queuing Telemetry Transport)

El protocolo MQTT es crucial para la comunicación en el sistema. Permite publicar y suscribir mensajes entre los diferentes dispositivos y componentes, asegurando una comunicación fluida y en tiempo real. Las principales rutas de comunicación incluyen:

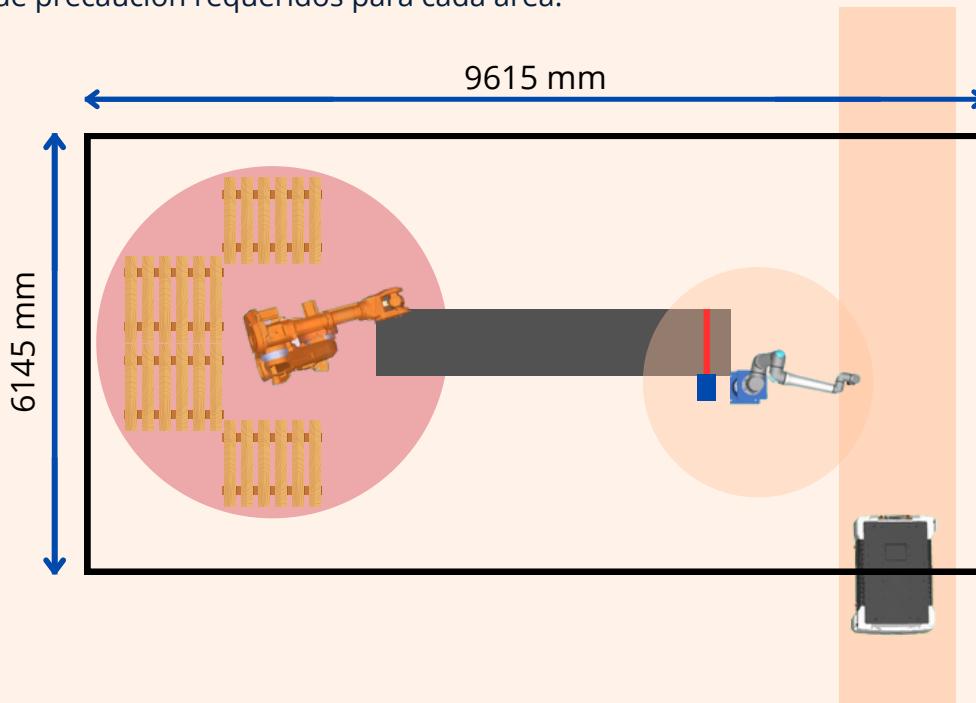
- **../control/infoPedidos:** Gestiona la recepción y procesamiento de la información de los pedidos.
- **../control/orderProcess:** Coordina el proceso de órdenes.
- **../actions/"ACTUADOR":** Maneja las acciones de los actuadores.
- **../commands/"ROBOT":** Envía comandos a los robots.
- **../control/"SENSOR":** Supervisa y controla los sensores.
- **../status/"ROBOT":** Publica y supervisa el estado de los robots.

Esta arquitectura modular y bien definida garantiza que todos los componentes trabajen de manera cohesiva, permitiendo una operación eficiente y escalable del sistema automatizado. La integración de estos elementos permite gestionar de manera efectiva las tareas, optimizando el rendimiento y la productividad del proceso automatizado.



Distribución en planta (Layout)

En un entorno industrial altamente automatizado, la seguridad de los operadores y la prevención de colisiones entre robots y equipos son aspectos cruciales a considerar. En este contexto, la distribución adecuada de las zonas de trabajo y la identificación de las áreas de peligro son elementos fundamentales para garantizar un ambiente de trabajo seguro y eficiente. En este documento, se analiza y describe la distribución de las zonas de peligro por colisión de robots en un espacio de trabajo específico, teniendo en cuenta los distintos niveles de precaución requeridos para cada área.



Zona alrededor del robot industrial ABB: Nivel de precaución: Alto (industrial).

Dado que el robot industrial ABB se encuentra en una posición fija y está rodeado por los 4 pallets distintos, existe un alto riesgo de colisión en esta área. Los movimientos del robot son predecibles, pero su alta velocidad y capacidad de carga pueden representar un peligro para cualquier objeto o persona que entre en su área de trabajo.

Zona alrededor de la cinta transportadora: Nivel de precaución: Medio.

Descripción: Aunque la cinta transportadora no representa un riesgo de colisión por sí misma, la proximidad de esta zona al área de trabajo del robot industrial requiere un nivel medio de precaución. Los objetos transportados por la cinta pueden caerse o desviarse, lo que podría interferir con el movimiento del robot.

Zona alrededor del cobot: Nivel de precaución: Medio (cobot).

Descripción: El cobot, al ser más flexible y diseñado para trabajar junto a humanos, presenta un riesgo moderado de colisión. Aunque su velocidad y fuerza son menores en comparación con un robot industrial, aún puede representar un peligro si se encuentra con obstáculos inesperados en su entorno.

Pasillo por donde se desplaza el AGV: Nivel de precaución: Medio.

Descripción: Aunque el AGV se desplaza de manera autónoma, el pasillo por donde se mueve puede representar un área de riesgo medio. Los AGV pueden tener problemas de detección de obstáculos o errores en su ruta, lo que podría resultar en colisiones si no se manejan adecuadamente.

La distribución propuesta garantiza un equilibrio entre la eficiencia del flujo de trabajo y la seguridad de los operadores y equipos. El perímetro vallado proporciona una barrera de protección, mientras que las aberturas controladas permiten el acceso seguro del AGV al área de trabajo. La colocación estratégica de los robots y equipos minimiza las posibilidades de colisión y asegura un funcionamiento fluido y seguro del sistema automatizado.

Desarrollo e Implementación

Gestión del proyecto

Plan detallado de la implementación

Fase 1 - Análisis y Definición: En esta fase inicial, se llevará a cabo un exhaustivo análisis de los requisitos del proyecto, incluyendo la definición de objetivos y alcance. Se identificarán los recursos necesarios y se evaluará la viabilidad técnica y económica del proyecto. Las tareas incluirán la recopilación de información, entrevistas con los interesados y la elaboración de documentos de análisis. El hito principal de esta fase será la aprobación del concepto general del proyecto por parte del equipo directivo.

Fase 2 - Equipamiento y Layout: Una vez definidos los requisitos, se procederá a adquirir el equipamiento necesario, incluyendo los robots y otros dispositivos requeridos para la automatización. Se diseñará el layout de la planta, teniendo en cuenta la disposición óptima de los equipos y la seguridad en el entorno de trabajo. Las tareas comprenderán la adquisición, instalación y puesta en marcha de los equipos, así como la adecuación del espacio físico. El hito clave será la finalización de la decisión sobre los robots y su colocación en planta.

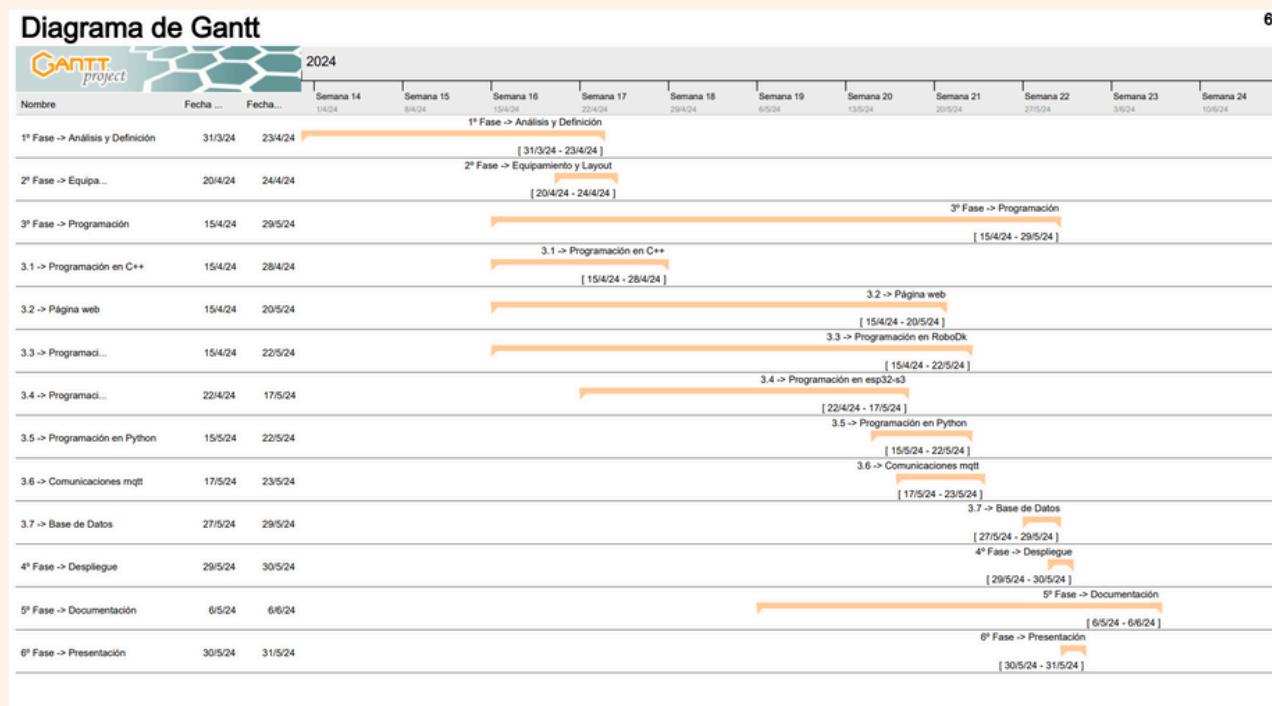
Fase 3 - Programación: En esta fase se llevará a cabo el desarrollo del software necesario para el control de los robots y la coordinación de las operaciones. Se programarán los algoritmos de control, se configurarán los robots y microcontroladores, y se integrarán los sistemas y dispositivos. Se desarrollará también la interfaz de usuario y la página web para el monitoreo y control remoto. El hito principal será la completa simulación del sistema y la funcionalidad del algoritmo, junto con la implementación de las comunicaciones MQTT y la conexión a la base de datos, así como la disponibilidad de una página web funcional.

Fase 4 - Despliegue: Una vez completada la fase de programación, se procederá a implementar el sistema en un entorno real. Se realizarán pruebas exhaustivas para garantizar el correcto funcionamiento del sistema y se llevarán a cabo ajustes y optimizaciones según sea necesario. Se capacitará al personal para la operación y mantenimiento del sistema. El hito relevante será el despliegue exitoso del sistema en el entorno real de producción.

Fase 5 - Documentación: En esta etapa se elaborará la documentación necesaria para el uso y mantenimiento del sistema. Se desarrollarán manuales de usuario y de mantenimiento, así como documentos técnicos que describan el funcionamiento del sistema y su implementación. Se prepararán informes de seguimiento y evaluación para documentar el progreso del proyecto. El hito principal será la preparación y entrega de la documentación completa del proyecto.

Fase 6 - Presentación: Finalmente, se preparará la presentación final del proyecto, que incluirá un resumen de los resultados obtenidos, las lecciones aprendidas y las recomendaciones para futuros proyectos similares. Se ensayarán y revisará la presentación antes de la entrega final ante el equipo directivo y otros interesados. El hito relevante será la realización de una presentación fluida y exitosa del proyecto, con un buen desarrollo del mismo en tiempo real.

Para cada fase del proyecto, se asignarán responsabilidades específicas a los miembros del equipo, en función de sus habilidades y áreas de experiencia. Se contará con los recursos necesarios, incluyendo personal capacitado, equipos de trabajo, software y herramientas técnicas. La asignación detallada de responsabilidades y recursos se encuentra reflejada en el diagrama de Gantt.



*Adjunto a todos los documentos se encunetra una carpeta con el informe completo del Gantt

Listado de entregables

Manual de Programación: Documento detallado que describe el código y la lógica de programación utilizados en el desarrollo del sistema.

Manual de Instalación: Guía paso a paso para la instalación y configuración del sistema en el entorno de producción, incluyendo requisitos de hardware y software.

Manual de Usuario: Documento que proporciona instrucciones claras y concisas sobre cómo utilizar el sistema, incluyendo operaciones básicas, funciones avanzadas y solución de problemas comunes.

Formaciones: Programas de formación diseñados para capacitar al personal en el uso y mantenimiento del sistema automatizado, tanto en términos de operación de los equipos como de resolución de problemas.

Presupuestos y Materiales: Detalles de los costes asociados al proyecto, incluyendo presupuestos detallados de los equipos, materiales y servicios utilizados.

Manuales de los diferentes Robots: Documentación específica proporcionada por los fabricantes de los robots utilizados, que detalla su funcionamiento, mantenimiento y solución de problemas.

Informe de Proyecto: Un documento que resume el alcance del proyecto, los objetivos alcanzados, los desafíos superados y las lecciones aprendidas durante el proceso de implementación.

Diagramas de Flujo: Representaciones visuales de los procesos automatizados, incluyendo el flujo de materiales, la interacción entre los diferentes equipos y las etapas del proceso.

Diagramas de Layout: Planos detallados que muestran la disposición física de los equipos y la infraestructura en el espacio de trabajo, ayudando a visualizar la distribución óptima de los recursos.

Informes de Pruebas y Validación: Documentos que describen los procedimientos de prueba realizados para verificar el funcionamiento correcto del sistema, así como los resultados obtenidos y las acciones correctivas implementadas.

Documentación de Seguridad: Material informativo que proporciona pautas y procedimientos de seguridad para el personal que opera y mantiene el sistema automatizado, incluyendo prácticas seguras de trabajo y protocolos de emergencia.

Documentación de Garantía y Soporte: Detalles sobre las garantías de los equipos y componentes suministrados, así como información de contacto para obtener soporte técnico y asistencia en caso de problemas o consultas.

Pruebas y Validación

Estrategias de pruebas

Pruebas de Buen Funcionamiento de la Web y la Base de Datos:

- Verificar la correcta visualización de la interfaz web en diferentes navegadores y dispositivos.
- Comprobar la funcionalidad de todos los botones, enlaces y formularios de la aplicación web.
- Validar el acceso a la base de datos y la recuperación de datos almacenados.
- Realizar pruebas de inserción, modificación y eliminación de registros en la base de datos para garantizar la integridad de los datos.
- Ejecutar pruebas de rendimiento para evaluar la velocidad de carga de la aplicación web y la capacidad de respuesta del servidor.

Pruebas de Comunicación del Servidor MQTT y Topics:

- Verificar la conexión estable entre el servidor MQTT y los dispositivos cliente, incluidos los ESP32S3 y otros sensores.
- Enviar mensajes de prueba a diferentes topics y verificar la recepción correcta de los mismos por parte de los dispositivos suscritos.
- Comprobar la capacidad del servidor MQTT para gestionar múltiples conexiones simultáneas y mantener la fiabilidad de la comunicación.

Pruebas de Buena Comunicación de ESP32S3:

- Validar la configuración correcta de los ESP32S3 y su conexión al servidor MQTT.
- Enviar comandos y recibir respuestas de los ESP32S3 para verificar la comunicación bidireccional.
- Ejecutar pruebas de estabilidad para asegurar la consistencia en la transmisión y recepción de datos.

Pruebas de Depuración de Códigos y Gestión de Interrupciones:

- Realizar pruebas de unidad para cada componente del código, identificando y corrigiendo posibles errores o fallos de lógica.
- Ejecutar pruebas de integración para verificar la interoperabilidad entre los diferentes módulos y funciones del sistema.
- Simular condiciones de error y excepción para evaluar la robustez del código y su capacidad para gestionar situaciones inesperadas.

Pruebas de Funcionamiento Completo y Fluido:

- Ejecutar pruebas end-to-end para validar el funcionamiento completo del sistema automatizado, desde la recepción de pedidos hasta la preparación y envío de los mismos.
- Verificar la sincronización adecuada entre los diferentes componentes del sistema, incluyendo robots, AGVs, sensores y dispositivos de control.
- Realizar pruebas de carga para evaluar el rendimiento del sistema bajo condiciones de uso intensivo y garantizar su estabilidad en entornos de producción.

Resultados esperados

Funcionamiento de los Robots y AGVs: Los robots industriales, los cobots y los AGVs (Vehículos Guiados Automáticamente) deben ejecutar sus tareas con alta precisión y eficiencia. Los robots industriales están diseñados para manejar tareas repetitivas y pesadas, como el paletizado y despaletizado de cajas, con gran rapidez y exactitud. Los cobots, o robots colaborativos, trabajan en estrecha colaboración con los operadores humanos, proporcionando flexibilidad y seguridad en entornos de trabajo compartidos. Los AGVs son responsables del transporte autónomo de materiales dentro de la planta, asegurando una logística interna fluida y optimizada. La coordinación entre estos robots y AGVs es crucial para mantener un flujo de trabajo continuo y eficiente.



Integración de Sistemas: La integración de todos los sistemas y dispositivos es esencial para el funcionamiento del sistema automatizado. Los robots industriales, los cobots, los AGVs, los sensores y las interfaces de usuario deben comunicarse entre sí de manera fluida a través de protocolos de comunicación estándar como MQTT y bases de datos centralizadas como PostgreSQL. Esta integración garantiza que cada componente del sistema trabaje en sincronía, permitiendo un control centralizado y la capacidad de monitorear y ajustar las operaciones en tiempo real. La integración adecuada reduce el riesgo de errores y fallos en el sistema, mejorando la eficiencia y la productividad general.

Precisión y Fiabilidad: El sistema automatizado debe ser extremadamente preciso y confiable en la ejecución de sus tareas. Esto implica que los robots deben posicionar las cajas de manera exacta y repetible, y que los sensores deben detectar correctamente la presencia y posición de los objetos. La fiabilidad del sistema se asegura a través de pruebas exhaustivas y el uso de componentes de alta calidad. Un sistema automatizado confiable minimiza el tiempo de inactividad y reduce el riesgo de interrupciones en la producción, garantizando una operación continua y sin problemas.



Seguridad y Cumplimiento Normativo: El sistema debe cumplir con los estándares de seguridad y las regulaciones industriales aplicables. Esto incluye la implementación de barreras de seguridad, sensores de proximidad y sistemas de emergencia que detengan la operación en caso de riesgo de colisión o falla del sistema. Los robots y AGVs deben estar equipados con tecnologías que les permitan detectar y evitar obstáculos, protegiendo tanto a los operadores humanos como a los equipos. Cumplir con las normativas de seguridad no solo protege a los trabajadores, sino que también asegura que la empresa cumpla con los requisitos legales y evita posibles sanciones.

Eficiencia y Productividad: El objetivo principal del sistema automatizado es mejorar la eficiencia y la productividad en comparación con el proceso manual anterior. Esto se logra a través de la reducción del tiempo de ciclo, la eliminación de errores humanos y la capacidad de operar de manera continua las 24 horas del día. Los robots pueden trabajar a velocidades más altas y con mayor precisión que los operadores humanos, mientras que los AGVs optimizan la logística interna al transportar materiales de manera rápida y segura. La mejora en la eficiencia y productividad se traduce en un aumento de la producción y una reducción de los costos operativos.

Adaptabilidad y Escalabilidad: El sistema debe ser adaptable a cambios en los requisitos de producción y escalable para satisfacer las necesidades futuras de la empresa. Esto significa que el sistema debe poder ajustarse fácilmente a diferentes tamaños y tipos de productos sin requerir una reconfiguración extensa. Además, el sistema debe ser capaz de expandirse para incluir más robots, AGVs y estaciones de trabajo a medida que aumente la demanda de producción. La capacidad de adaptación y escalabilidad asegura que la inversión en automatización sea sostenible y beneficiosa a largo plazo, permitiendo a la empresa crecer y evolucionar sin limitaciones tecnológicas.



Costes y beneficios

Presupuesto detallado

componentes	unidade s	precio/unidad (€)	coste (€)
ABB IRB 6640-130/3.2	1	85.000	85.000
UR20	1	45.000	45.000
AGV OMRON HD-1500	1	40.000	40.000
Cinta transportadora 3m	1	10.000	10.000
Sensores barrera y ultrasonidos	2	250	500
Pantalla LCD 16 x 12	1	50	50
ESP32S3	2	50	100
Licencias software	1	21.000	21.000
Desarrollo programación	1	20.000	20.000
Comunicaciones	1	5.000	5.000
Integración de sistemas	1	8.000	8.000
Modificación de planta	1	10.000	10.000
Instalación de equipos	1	6.000	6.000
Medidas de seguridad	1	5.000	5.000
Formación	1	6.000	6.000
Manuales y documentación	1	9.000	9.000
Reserva (5 - 10%)	1	11.059,50€	11.059,50€
		TOTAL	281.709,50 €

Análisis coste-beneficio

El análisis coste-beneficio es fundamental para evaluar la viabilidad económica del proyecto de automatización en la planta industrial. Este análisis considerará los costos totales del proyecto frente a los beneficios económicos y operativos que se esperan obtener una vez implementado.

Costes del Proyecto:

El coste total del proyecto asciende a 281.709,50 €. Estos costos se desglosan en varias categorías principales. El equipamiento representa la mayor parte del gasto, con 186.000 €. Los costos de software y licencias ascienden a 21.000 €, mientras que la implementación y programación cuestan 31.000 €. La infraestructura y el layout tienen un costo de 23.000 €, y la capacitación y documentación suman 9.000 €. Además, se ha reservado una contingencia de 11.709,50 € para imprevistos.

Beneficios del Proyecto:

El proyecto de automatización presenta numerosos beneficios que justifican la inversión.

- 1. Incremento en la Productividad:** La automatización con robots industriales, cobots y AGVs puede reducir significativamente los tiempos de ciclo, lo que se traduce en un aumento de la producción. La mayor eficiencia operativa, con sistemas capaces de trabajar sin descanso, permite operaciones continuas y un incremento en la producción diaria.
- 2. Ahorro en Costos Laborales:** La sustitución de tareas manuales repetitivas por robots reduce la necesidad de mano de obra intensiva. Además, la precisión de los robots minimiza los errores humanos, lo que reduce los costos asociados con la corrección de errores y el desperdicio de materiales.
- 3. Mejora en la Calidad del Producto:** Los robots y sistemas automatizados garantizan una mayor consistencia y precisión en la producción, mejorando la calidad del producto final. La precisión en la colocación y manejo de materiales también reduce el desperdicio de productos.
- 4. Aumento en la Seguridad Laboral:** La automatización de tareas peligrosas reduce los riesgos de accidentes laborales, mejorando la seguridad del entorno de trabajo. La implementación de tecnologías avanzadas asegura el cumplimiento de las normativas de seguridad industrial.
- 5. Escalabilidad y Adaptabilidad:** Los sistemas automatizados pueden ser escalados para aumentar la capacidad de producción sin necesidad de inversiones significativas adicionales. Además, la flexibilidad de los sistemas permite adaptarse rápidamente a cambios en las demandas del mercado.

ROI

Costes Actuales:

- 2 Empleados a 1300€/mes cada uno: $2 \times 1300\text{€} = 2600\text{€/mes}$
- Coste anual de los empleados: $2600\text{€/mes} \times 12 \text{ meses} = 31.200\text{€/año}$

Inversión Inicial:

- Total: **281.709,50€**

Aumento de Eficiencia:

- Tiempo por caja antes: **20 segundos**
- Tiempo por caja ahora: **13 segundos**
- Incremento en la eficiencia: $20/13 \approx 1.538$ (aproximadamente un **53.8%** más rápido)

Aumento de Horas de Trabajo:

- Antes: 8 horas/día
- Ahora: 24 horas/día
- Incremento en la disponibilidad: $24/8 = 3 \text{ veces (300%)}$

Cálculo de Beneficios Anuales

Ahorro en Costes Laborales:

- Coste anual de los empleados: **31.200€**

Aumento en la Capacidad de Procesamiento:

- Eficiencia: 53.8% más rápida
- Disponibilidad: 300% más horas de operación

Para calcular el beneficio adicional en términos de cajas procesadas, consideramos que antes se procesaban durante 8 horas y ahora durante 24 horas:

- Cajas procesadas antes en 8 horas:
 - Cajas/hora antes: $(3600 \text{ segundos/hora}) / (20 \text{ segundos/caja}) = 180 \text{ cajas/hora}$
 - Cajas/día antes: $(180 \text{ cajas/hora}) \times 8 \text{ horas} = 1440 \text{ cajas/día}$
- Cajas procesadas ahora en 24 horas:
 - Cajas/hora ahora: $(3600 \text{ segundos/hora}) / (13 \text{ segundos/caja}) \approx 276.92 \text{ cajas/hora}$
 - Cajas/día ahora: $(276.92 \text{ cajas/hora}) \times 24 \text{ horas} \approx 6646.08 \text{ cajas/día}$

Incremento en el Número de Cajas Procesadas:

- Incremento en el procesamiento diario: $6646.08 \text{ cajas/día} - 1440 \text{ cajas/día} = 5206.08 \text{ cajas/día adicionales}$
- Incremento en el procesamiento anual (considerando 365 días): $5206.08 \text{ cajas/día} \times 365 \text{ días} \approx 1,899,219.2 \text{ cajas/año adicionales}$

ROI

Beneficio Anual Adicional

Para calcular el beneficio económico del incremento en el procesamiento de cajas, necesitamos un valor monetario asociado al procesamiento de cada caja. Asumiremos un valor estimado, ya que no se proporciona un valor específico. Supongamos un beneficio de 0.10€ por caja:

Beneficio anual adicional por cajas procesadas:

$$1,899,219.2 \text{ cajas/año} \times 0.10\text{€/caja} = \mathbf{189,921.92\text{€/año}}$$

Beneficio Neto Anual

Ahorro en costes laborales: **31,200€/año**

Beneficio adicional por incremento en procesamiento: **189,921.92€/año**

Beneficio neto anual: $31,200\text{€} + 189,921.92\text{€} = \mathbf{221,121.92\text{€/año}}$

Cálculo del ROI

ROI = (Beneficio Neto Anual / Inversión Inicial) / (Inversión Inicial) × 100

ROI = $221,121.92\text{€} / 281,709.50\text{€} \times 100 \approx \mathbf{78.5\%}$

Resumen

Inversión Inicial: **281,709.50€**

Beneficio Neto Anual: **221,121.92€**

ROI: **78.5%**

El ROI del proyecto es aproximadamente 78.5%, lo que indica que la inversión inicial se recuperará en aproximadamente 1.27 años, y se empezará a obtener un beneficio significativo a partir de ese momento.



Normativa y regularización de seguridad

Regulaciones y estándares

Normativas Internacionales

- **ISO 45001:2018:** Establece un sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo para identificar, evaluar y controlar los riesgos laborales, garantizando un entorno de trabajo seguro y saludable.
- **ISO 12100:2010:** Proporciona principios generales para el diseño y la evaluación de riesgos de las máquinas, asegurando la identificación y mitigación de peligros asociados con su operación.

Normativas Europeas

- **Directiva de Máquinas 2006/42/CE:** Define los requisitos esenciales de seguridad y salud para el diseño y fabricación de maquinaria. Nuestros equipos llevan el marcado CE y cumplen con estos estándares.
- **Directiva 2014/30/UE:** Regula la Compatibilidad Electromagnética, asegurando que nuestros equipos no causen interferencias electromagnéticas y sean inmunes a ellas.

Normativas Nacionales (España)

- **Ley de Prevención de Riesgos Laborales (Ley 31/1995):** Establece las obligaciones del empleador para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores, mediante la implementación de medidas preventivas y formación continua.
- **Real Decreto 1215/1997:** Establece disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización de equipos de trabajo, asegurando que nuestros sistemas operen de manera segura.

Impacto en los puestos de trabajo

Adaptación a la Directiva de Máquinas 2006/42/CE

La integración de robots y cintas transportadoras debe cumplir con la Directiva de Máquinas 2006/42/CE, asegurando que los equipos estén diseñados y fabricados de acuerdo con los requisitos esenciales de seguridad. Esto implica que los robots y otros equipos automatizados deben llevar el marcado CE, indicando que han sido evaluados y cumplen con los estándares europeos de seguridad. La automatización facilita este cumplimiento al incorporar tecnología avanzada y sistemas de control que garantizan operaciones seguras.

Impacto en la Formación y Capacitación

La implementación de tecnologías automatizadas en el almacén requiere actualizar los programas de formación para incluir la operación segura de los robots y la cinta transportadora. La normativa exige que los empleados reciban formación adecuada sobre los equipos que utilizan, alineándose con el Real Decreto 1215/1997, que establece disposiciones mínimas de seguridad para la utilización de equipos de trabajo. La capacitación continua y especializada es esencial para que los empleados comprendan y manejen correctamente las nuevas tecnologías, reduciendo riesgos y mejorando la eficiencia operativa.

Evaluación de Riesgos Continuada

La introducción de la automatización en el almacén exige una evaluación continua de riesgos conforme a la norma ISO 45001:2018. Esta norma internacional de gestión de la seguridad y salud en el trabajo requiere que las empresas identifiquen, evalúen y controlen regularmente los riesgos laborales. Con la automatización, los riesgos asociados a la interacción humano-máquina deben ser evaluados y mitigados continuamente, garantizando un entorno seguro y cumpliendo con la normativa.

Compatibilidad Electromagnética

Al introducir sistemas automatizados, es crucial cumplir con la Directiva 2014/30/UE sobre Compatibilidad Electromagnética. Los robots y las cintas transportadoras deben ser diseñados y mantenidos para no causar interferencias electromagnéticas y ser inmunes a ellas. Esto asegura que los equipos funcionen correctamente sin afectar otros dispositivos electrónicos en el entorno de trabajo.

Prevención de riesgos

La implementación de tecnologías automatizadas en el entorno industrial presenta varios desafíos de seguridad que deben abordarse para garantizar un entorno de trabajo seguro y conforme a las normativas vigentes. A continuación, se describen las directrices de prevención de riesgos para el proyecto de automatización, enfocadas en minimizar los riesgos asociados a la operación de robots industriales, cobots, AGVs y otros sistemas automatizados.

Primero, es fundamental realizar una evaluación inicial de riesgos. Este proceso implica la identificación exhaustiva de todos los posibles peligros asociados con la introducción de nuevos equipos automatizados y el análisis del impacto potencial de estos peligros sobre la seguridad de los trabajadores y las operaciones.

En la fase de diseño e instalación, se deben tomar varias medidas de seguridad. Todos los equipos automatizados deben cumplir con las normativas de seguridad y estar diseñados para minimizar riesgos, incluyendo el cumplimiento con la Directiva de Máquinas 2006/42/CE y la obtención del marcado CE. La instalación de barreras físicas y sistemas de enclavamiento es crucial para evitar el acceso no autorizado a zonas peligrosas, especialmente alrededor de robots industriales y cintas transportadoras. Además, es esencial implementar botones de parada de emergencia en lugares estratégicos para permitir la detención inmediata de los equipos en caso de emergencia.

La capacitación y concienciación del personal es otro aspecto crítico. Se debe proporcionar formación detallada y específica sobre la operación segura de los nuevos equipos automatizados a todos los empleados, alineada con las normativas del Real Decreto 1215/1997. Asimismo, es importante establecer programas de formación continua para mantener actualizados a los empleados sobre las mejores prácticas y nuevos procedimientos de seguridad.

En cuanto a los procedimientos operativos y de mantenimiento, se deben desarrollar y distribuir manuales de operación que incluyan directrices claras sobre el uso seguro de los equipos automatizados. Un programa de mantenimiento preventivo es esencial para asegurar que todos los equipos funcionen correctamente y reducir el riesgo de fallos mecánicos. Además, es necesario realizar inspecciones periódicas para identificar y corregir posibles problemas de seguridad antes de que se conviertan en incidentes.

La gestión de la interacción humano-máquina requiere definir y marcar claramente las zonas de exclusión donde los humanos no deben ingresar mientras los equipos están en operación. También es importante utilizar señales visuales y auditivas para alertar a los trabajadores sobre el movimiento y operación de los equipos automatizados.

La evaluación continua de riesgos debe incluir un sistema de monitoreo continuo para evaluar el desempeño de las medidas de seguridad y realizar ajustes cuando sea necesario, en conformidad con la ISO 45001:2018. Las auditorías de seguridad periódicas son esenciales para garantizar que todas las prácticas y procedimientos sigan siendo efectivos y cumplan con las normativas vigentes.

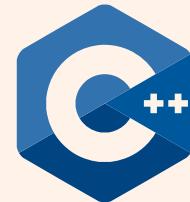
En términos de comunicación y reporte de incidentes, se debe establecer un sistema de reporte para que los empleados puedan informar fácilmente sobre cualquier problema de seguridad o incidente. Todos los incidentes reportados deben ser analizados para identificar las causas raíz y desarrollar estrategias de mitigación para prevenir recurrencias.

La implementación de un sistema automatizado en un entorno industrial requiere una planificación meticulosa y el cumplimiento de estrictas normativas de seguridad. La integración de robots industriales, cobots y AGVs debe estar acompañada de una evaluación continua de riesgos, capacitación adecuada del personal y procedimientos detallados de operación y mantenimiento. Siguiendo estas directrices, es posible asegurar un entorno de trabajo seguro y eficiente, mejorando la productividad y garantizando la seguridad de los empleados.

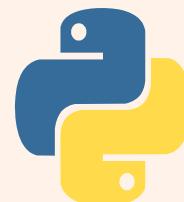
Desarrollo de software

Listado tecnológico

C++: Utilizado para el desarrollo del software de control de los robots industriales y los cobots, permitiendo una programación eficiente y de alto rendimiento para la ejecución de tareas específicas de manipulación y movimiento de objetos en el proceso de preparación de pedidos.



Python: Empleado en la implementación de algoritmos de planificación y optimización, así como en el desarrollo de scripts para la gestión de datos y la interacción con la base de datos PostgreSQL, proporcionando una interfaz versátil y potente para el análisis y procesamiento de información.



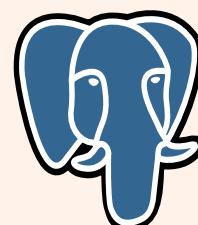
MQTT (Message Queuing Telemetry Transport): Utilizado como protocolo de comunicación entre los diferentes componentes del sistema, incluyendo los robots industriales, los cobots, los microcontroladores y el servidor central, permitiendo una transmisión eficiente y fiable de mensajes y datos en tiempo real.



Arduino: Empleado en la programación de los microcontroladores ESP32S3 utilizados para el control y coordinación de dispositivos periféricos, como sensores y actuadores, en el proceso de automatización de la preparación de pedidos, proporcionando una plataforma de desarrollo flexible y de bajo costo.



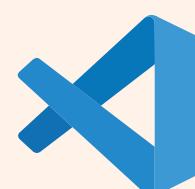
PostgreSQL: Utilizado como sistema de gestión de bases de datos para almacenar y gestionar información relevante para el proceso de preparación de pedidos, incluyendo datos de inventario, pedidos de clientes y registros de operaciones, garantizando una gestión eficiente y segura de los datos.



RoboDK: Empleado en la simulación y programación offline de los robots industriales y los cobots, permitiendo validar y optimizar los movimientos y trayectorias de los robots antes de su implementación en el entorno de producción, garantizando una integración fluida y segura de los dispositivos.



Visual Studio Code: Utilizado como entorno de desarrollo integrado (IDE) para la codificación, depuración y prueba del software utilizado en el proyecto, proporcionando herramientas avanzadas de edición y compilación para mejorar la productividad y la eficiencia del desarrollo.



HTML, CSS, JavaScript: Empleados en el desarrollo de la interfaz de usuario (UI) para la visualización y control del sistema automatizado, permitiendo una experiencia interactiva e intuitiva para los usuarios finales, así como la implementación de funciones de monitoreo y gestión remota.



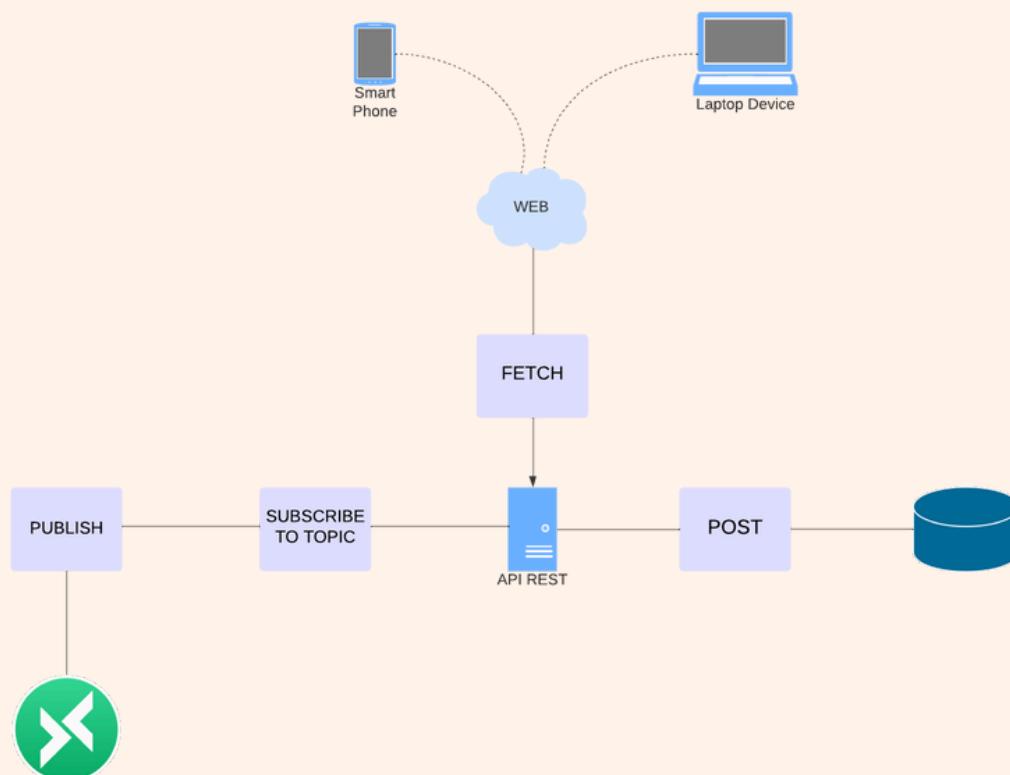
Node.js: Utilizado como entorno de ejecución de JavaScript en el servidor central para la gestión de las solicitudes de los clientes, el procesamiento de datos y la comunicación con los diferentes componentes del sistema, garantizando un rendimiento óptimo y una escalabilidad eficiente.

GitHub: Empleado como plataforma de alojamiento y colaboración para el control de versiones del código fuente y la gestión de proyectos, permitiendo a los desarrolladores trabajar de forma colaborativa y coordinada en el desarrollo, prueba y despliegue del software.

Desarrollo del BackEnd

El backend de una web sirve para gestionar y procesar toda la lógica y funcionalidad que ocurre detrás de escena. Se encarga de recibir y responder a las solicitudes de los usuarios, interactuar con la base de datos para almacenar y recuperar información, y aplicar las reglas de negocio necesarias. Además, el backend garantiza la seguridad y autenticación de los usuarios, manejando datos sensibles de manera segura. También permite la integración con otros servicios y APIs externas, ampliando las capacidades de la aplicación web.

A continuación, podemos ver un esquema del funcionamiento y la implementación de nuestro backend, el cual, consiste en una API REST muy simple donde sólo se maneja una solicitud al servidor.



En este esquema podemos observar la arquitectura implementada para la gestión de pedidos de la web.

Para la API, hemos implementado una API REST (Representational State Transfer) la cual sirve para que diferentes sistemas se comuniquen entre sí a través de la web. Funciona enviando y recibiendo datos en formatos como JSON o XML mediante solicitudes HTTP (GET, POST, PUT, DELETE). En nuestro proyecto, hemos implementado una API REST bastante simple donde sólo enviamos una solicitud POST al servidor, con un archivo JSON con la información respecto al pedido.

Una vez, se realiza la solicitud POST, nuestro servidor la recibe y se encarga de hacer 2 conexiones:

BBDD -> Guarda la información del pedido en la tabla “pedido”, luego genera una orden de pedido la cual cuando está en “completado” se gestiona el envío pertinente del pedido, que en el caso de que haya algún error guardamos en otra tabla el id del envío para gestionar una posible solución y contactar con el afectado.

MQTT -> Enviamos la información del pedido necesaria (cantidad de cada caja) obviando la información restante, para ello, primero nos suscribimos al tópico “gjirob/pr2/B1/infopedido” y hacemos una publicación de la información del pedido para su posterior manejo en el algoritmo C++ para la localización de cada caja en el contenedor.

Desarrollo del código

En el desarrollo de nuestro proyecto de automatización, hemos dividido la programación en varios componentes clave para asegurar una implementación eficiente y ordenada. Cada componente cumple una función específica y esencial dentro del sistema. Los principales apartados de la programación incluyen la interfaz web, la base de datos, el algoritmo de ordenación, el ESP32 Master, el ESP32 Slave y RoboDK. A continuación, se detalla el desarrollo de cada uno de estos componentes.

1. La Web: La interfaz web permite a los usuarios interactuar con el sistema automatizado. Está desarrollada utilizando HTML, CSS y JavaScript para el frontend, y Node.js para el backend. La web se encarga de la gestión de pedidos, visualización de estados y control de operaciones. Los usuarios pueden ingresar pedidos, monitorear el progreso y recibir notificaciones sobre el estado de sus órdenes. La comunicación con la base de datos y otros componentes se realiza a través de API REST y el protocolo MQTT, asegurando una integración fluida y en tiempo real.

2. La Base de Datos: La base de datos (DDBB), desarrollada en PostgreSQL, almacena toda la información relevante del sistema, incluyendo los pedidos, estados de los robots, registros de operaciones y más. Su diseño está optimizado para permitir accesos rápidos y eficientes, facilitando la gestión y trazabilidad de los datos. La base de datos se comunica con la web y el ESP32 Master, proporcionando los datos necesarios para la ejecución de tareas y la actualización de estados.

3. El Algoritmo: El algoritmo de ordenación de cajas se ejecuta en un PC y está programado en Python. Este algoritmo utiliza técnicas avanzadas de optimización para organizar las cajas de manera eficiente dentro del almacén. Se basa en un enfoque voraz, con planes para implementar programación dinámica para mejorar aún más el rendimiento y reducir el uso de memoria. Los resultados del algoritmo son enviados al ESP32 Master, que se encarga de coordinar la ejecución física de las tareas.

4. ESP32 Master: El ESP32 Master es el núcleo de control del sistema, manejando la información de los sensores y enviando instrucciones a los robots y otros actuadores. Está programado utilizando el framework ESP-IDF en C++. Este dispositivo se comunica con el ESP32 Slave, la web y RoboDK a través de MQTT, gestionando las órdenes y asegurando que las operaciones se realicen de acuerdo a lo planificado. Además, el ESP32 Master es responsable de la ejecución de las órdenes recibidas del algoritmo de ordenación.

5. ESP32 Slave: El ESP32 Slave complementa al Master en la gestión de los actuadores y sensores. También está programado en C++ utilizando ESP-IDF. Su función principal es recibir las instrucciones del Master y controlar los actuadores de acuerdo a estas órdenes. Este dispositivo asegura que las acciones físicas se realicen de manera precisa, supervisando continuamente el estado de los sensores y reportando cualquier incidencia al Master para su gestión inmediata.

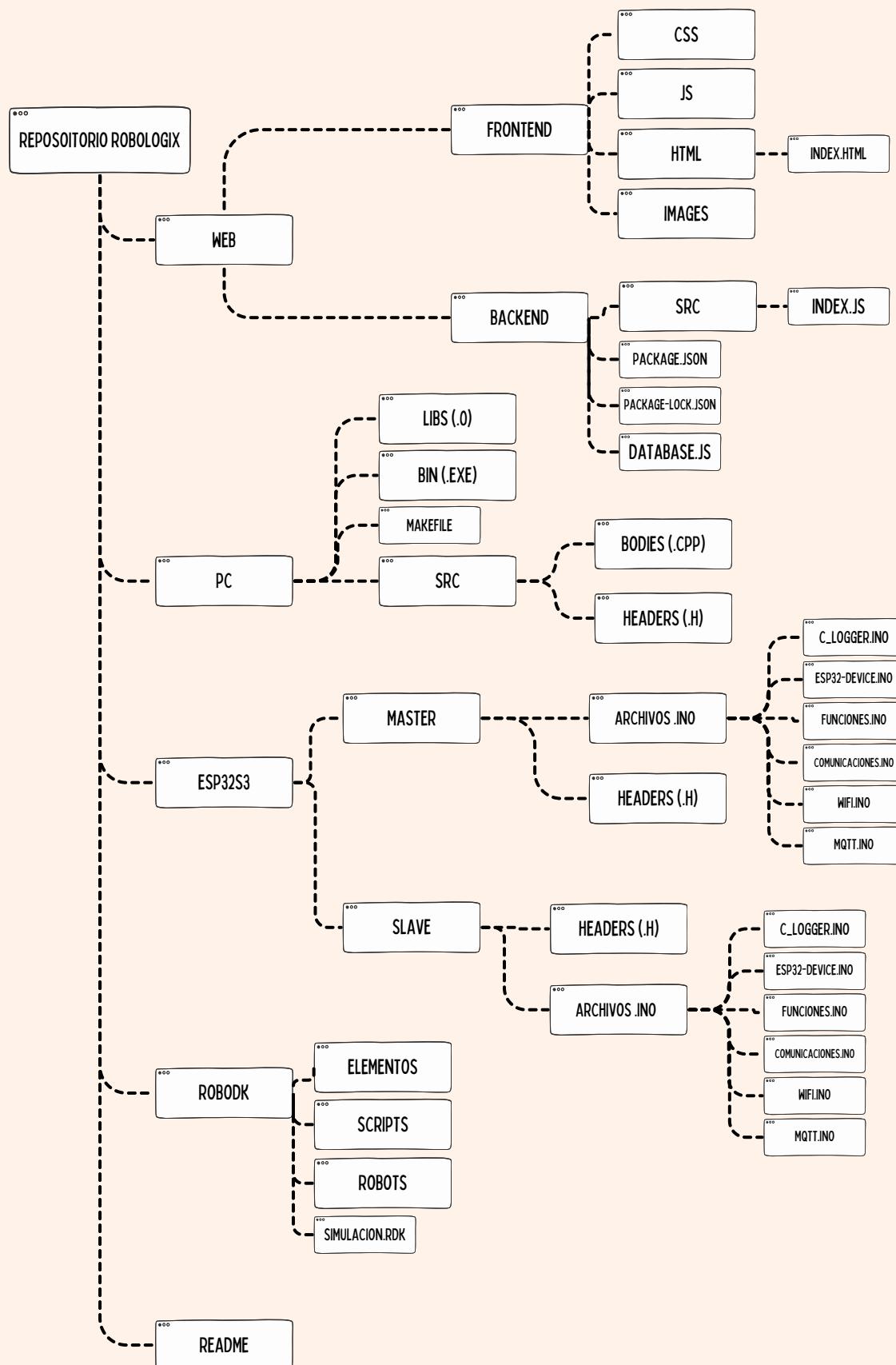
6. RoboDK: RoboDK es una herramienta de simulación y programación offline para robots industriales. En nuestro proyecto, RoboDK se utiliza para simular las operaciones de los robots, asegurando que las órdenes enviadas por el ESP32 Master sean correctas antes de su ejecución real. Esto ayuda a prevenir errores y optimizar los movimientos de los robots. Además, RoboDK permite ajustar y perfeccionar la programación de los robots, contribuyendo a la eficiencia y precisión del sistema automatizado.

La estructura modular de la programación en nuestro proyecto de automatización permite una implementación eficiente y un mantenimiento más sencillo. Cada componente desempeña un papel crucial, desde la gestión de pedidos en la web hasta la ejecución de tareas por los robots, coordinados por el ESP32 Master y Slave. La integración de estos componentes a través de tecnologías modernas como MQTT y API REST asegura una comunicación fluida y en tiempo real, mejorando la eficiencia y fiabilidad del sistema automatizado. Esta organización nos permite abordar cualquier problema de manera segmentada, facilitando las mejoras y expansiones futuras del sistema.

The screenshot shows a code editor with a dark theme. On the left, there is a vertical file list containing numerous files, mostly named 'product'. The main area displays a React component definition:

```
function ProductConsumer({ value }) {
  return (
    <div>
      <h1>Our Product Page</h1>
      <p>This is a consumer component. It receives the product data from the provider</p>
      <ul>
        {value.map((item) => (
          <li>{item}</li>
        ))}
      </ul>
    </div>
  );
}
```

Estructura de la programación



Visión de futuro

Mejoras en la programación

Optimización del Algoritmo Voraz:

Implementación de Programación Dinámica: Se puede mejorar el algoritmo voraz actual mediante la implementación de técnicas de programación dinámica. Esto permitirá reducir el uso de memoria y aumentar la eficiencia en la gestión y colocación de cajas. La programación dinámica ayuda a almacenar resultados intermedios de subproblemas, evitando así cálculos repetitivos y mejorando el rendimiento general del sistema.

Optimización de las Comunicaciones MQTT:

Creación de Interrupciones: Optimizar las comunicaciones MQTT mediante la implementación de interrupciones que gestionen incidencias de manera directa. Esto permitirá una respuesta más rápida y eficiente a eventos críticos, mejorando la robustez y la fiabilidad del sistema de comunicación.

Aumento de la Capacidad de Preparación de Pedidos:

Añadir Más Líneas Paralelas: Para duplicar o triplicar el volumen de trabajo, se pueden añadir más líneas paralelas de preparación de pedidos. Esto implicará la integración de más robots y cobots, así como la optimización de los flujos de trabajo para asegurar que las líneas adicionales no causen cuellos de botella en el sistema.

Desarrollo Completo de la Web:

Apartado de Usuarios y Pasarelas de Pago: Ampliar el desarrollo de la web para incluir un sistema de gestión de usuarios y pasarelas de pago. Esto permitirá a los clientes gestionar sus pedidos y realizar pagos directamente a través de la plataforma web, mejorando la experiencia del usuario y facilitando el proceso de compra.

Mejora de la Gestión de Colas de Información:

Optimización de la Gestión de Órdenes: Mejorar la gestión de las colas de información de las órdenes mediante algoritmos de priorización y balanceo de carga. Esto garantizará que las órdenes se procesen de manera eficiente y que los recursos del sistema se utilicen de manera óptima.

Implementación de un Sistema de Control de Stock Externo:

Reducción de la Carga de Trabajo: Desarrollar e implementar un sistema de control de stock completamente externo. Esto permitirá reducir la carga de trabajo de otros componentes del proceso, mejorando la eficiencia y la precisión en la gestión del inventario.

Optimización de Puntos y Recorridos de los Robots:

Minimización de Tiempos: Analizar y optimizar los puntos y recorridos de los robots para minimizar aún más los tiempos de operación. Esto puede incluir la mejora de los algoritmos de planificación de rutas y la reducción de los tiempos de transición entre tareas, aumentando la eficiencia general del sistema.

Implementación de nuevas tecnologías

La implementación de nuevas tecnologías puede expandir significativamente las capacidades y la eficiencia de nuestro proyecto de automatización. A continuación, se describen diversas expansiones posibles y sus beneficios asociados:

Asistentes de IA:

Integración de Asistentes Virtuales: Incorporar asistentes de inteligencia artificial puede mejorar la interacción entre los operarios y el sistema automatizado. Estos asistentes pueden proporcionar soporte en tiempo real, responder preguntas, guiar a los operarios en procedimientos complejos y optimizar la toma de decisiones. La IA puede también gestionar el mantenimiento predictivo, alertando sobre posibles fallos antes de que ocurran y programando intervenciones preventivas.

Modelos IA Predictivos:

Optimización de la Cadena de Suministro: Utilizar modelos de IA predictiva puede mejorar la planificación y gestión de la cadena de suministro. Estos modelos pueden analizar datos históricos y actuales para predecir la demanda futura, optimizar el inventario y ajustar la producción en tiempo real. Esto no solo reduce los costos de almacenamiento y desperdicio, sino que también asegura que los productos estén disponibles cuando y donde se necesiten.

Energías Renovables:

Implementación de Energías Limpias: Integrar fuentes de energía renovable, como paneles solares y sistemas de energía eólica, puede reducir la dependencia de fuentes de energía no renovables y disminuir los costos operativos a largo plazo. Además, esta implementación contribuiría a los objetivos de sostenibilidad y responsabilidad ambiental de la empresa.

Tecnologías de Realidad Aumentada (AR):

Mejora en la Capacitación y Mantenimiento: La realidad aumentada puede ser utilizada para capacitar a los operarios y técnicos de mantenimiento. Con AR, pueden visualizar instrucciones paso a paso superpuestas en el entorno real, facilitando el aprendizaje y la resolución de problemas. Esto mejora la eficiencia y reduce los tiempos de inactividad por errores humanos.

Red 5G:

Conectividad Ultra-Rápida y Fiable: La adopción de tecnología 5G puede mejorar la comunicación entre los distintos componentes del sistema automatizado. Con una latencia extremadamente baja y velocidades de transferencia de datos muy altas, 5G puede garantizar que las operaciones sean más rápidas y seguras, permitiendo una mayor sincronización y control en tiempo real.

Internet de las Cosas (IoT):

Sensores y Monitoreo Continuo: La expansión del uso de dispositivos IoT puede proporcionar un monitoreo continuo de todas las máquinas y procesos. Sensores inteligentes pueden recoger y transmitir datos sobre el estado de los equipos, condiciones ambientales y eficiencia operativa, permitiendo ajustes en tiempo real y un mantenimiento más efectivo.

Automatización de Procesos Robóticos (RPA):

Automatización de Tareas Administrativas: La implementación de RPA puede automatizar tareas administrativas repetitivas, como la entrada de datos, la gestión de pedidos y la facturación. Esto liberará tiempo para que los empleados se concentren en tareas de mayor valor, aumentando la productividad y reduciendo errores.

Blockchain:

Seguridad y Transparencia en la Cadena de Suministro: Utilizar blockchain para la gestión de la cadena de suministro puede mejorar la transparencia y la seguridad. Cada transacción puede ser registrada de manera inmutable y verificable, asegurando la integridad de los datos y facilitando la trazabilidad de los productos desde la fabricación hasta la entrega final.

La implementación de estas tecnologías no solo expandirá las capacidades del proyecto, sino que también posicionará a la empresa a la vanguardia de la innovación tecnológica, mejorando su competitividad y sostenibilidad a largo plazo.

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusión

El proyecto de automatización que hemos desarrollado se enfoca en transformar y optimizar los procesos operativos mediante la integración de tecnologías avanzadas y la implementación de sistemas automatizados. A través de un análisis detallado y una planificación estratégica, hemos identificado y abordado varios puntos clave que son esenciales para alcanzar los objetivos planteados, incluyendo una mayor eficiencia, mejora de las condiciones laborales y la posibilidad de futuras expansiones tecnológicas.

En primer lugar, uno de los principales objetivos del proyecto ha sido aumentar la eficiencia y velocidad de las operaciones. Mediante el uso de robots industriales y cobots, hemos logrado reducir el tiempo de procesamiento por caja de 20 a 13 segundos, permitiendo un funcionamiento continuo de 24 horas. Este incremento en la velocidad operativa no solo mejora la productividad, sino que también optimiza el uso de recursos y minimiza tiempos muertos.

Otro aspecto crítico abordado en el proyecto ha sido la mejora de las condiciones laborales. La automatización de tareas repetitivas y físicamente exigentes ha aliviado a los empleados, reduciendo su carga de trabajo y el riesgo de lesiones. Esto no solo mejora el bienestar general de los trabajadores, sino que también incrementa su satisfacción y moral, contribuyendo a un entorno de trabajo más saludable y eficiente.

La capacidad de operar de manera ininterrumpida es otra ventaja significativa del sistema automatizado. Los robots y cobots pueden funcionar las 24 horas del día, los 7 días de la semana, lo que permite un aumento considerable en la productividad sin necesidad de incrementar la plantilla laboral. Esta capacidad de operación continua es crucial para satisfacer la creciente demanda y mantener la competitividad en el mercado.

La precisión y la reducción de errores son otros beneficios clave de la automatización. Los robots, equipados con algoritmos avanzados, han demostrado ser más precisos en el manejo de pedidos, reduciendo significativamente los errores en el despaletizado y paletizado. Esta precisión no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también asegura una mayor satisfacción del cliente al garantizar la exactitud de los pedidos.

El proyecto también ha incorporado tecnologías de monitoreo y control avanzadas, como IoT y sistemas de monitoreo continuo. Estas tecnologías permiten un control detallado y una supervisión en tiempo real de todas las operaciones, facilitando la identificación y resolución proactiva de problemas. Este nivel de control es esencial para mantener la eficiencia y la eficacia del sistema automatizado.

Además, el proyecto ha sido diseñado con la flexibilidad necesaria para futuras expansiones y mejoras. La integración potencial de tecnologías emergentes como asistentes de IA, modelos predictivos de IA y energías renovables resalta la capacidad del sistema para evolucionar y adaptarse a nuevas necesidades y desafíos. Estas expansiones no solo mejorarían aún más la eficiencia operativa, sino que también contribuirían a la sostenibilidad y relevancia a largo plazo del proyecto.

En resumen, el proyecto de automatización ha logrado cumplir con sus objetivos iniciales de mejorar la eficiencia operativa, reducir errores, mejorar las condiciones laborales y establecer un sistema de operación continua. La combinación de tecnologías avanzadas, planificación estratégica y un enfoque en la mejora continua asegura que el proyecto no solo sea viable y funcional en el presente, sino también adaptable y sostenible para el futuro. Este enfoque integral posiciona a la empresa como líder en innovación y eficiencia, preparada para enfrentar los desafíos y aprovechar las oportunidades del futuro.

Recomendaciones para la empresa

Después de haber desarrollado e implementado el proyecto de automatización, es crucial proporcionar una serie de recomendaciones para garantizar el mantenimiento, la mejora continua y la expansión del sistema. Estas recomendaciones están diseñadas para maximizar los beneficios de la automatización y asegurar que la empresa siga siendo competitiva y eficiente a largo plazo.



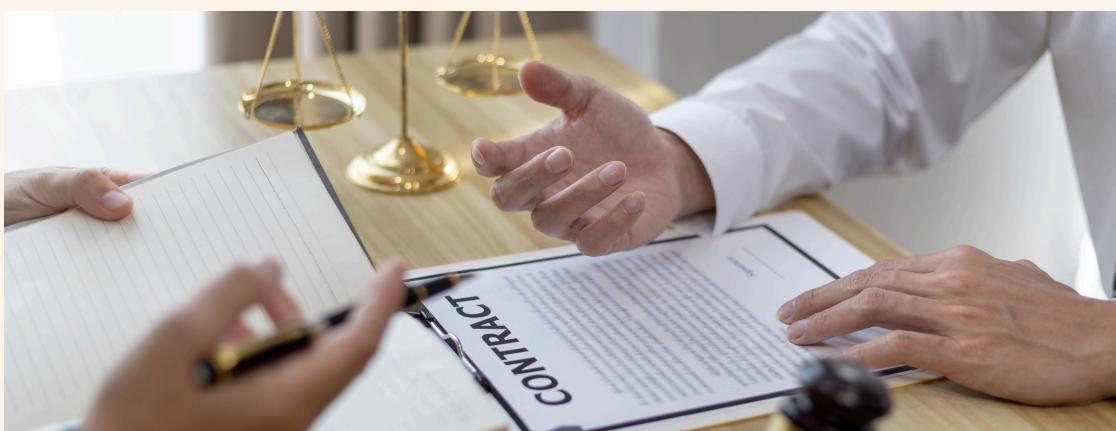
Para mantener el sistema automatizado en óptimas condiciones, es esencial establecer un programa de mantenimiento preventivo regular. Este programa debe incluir inspecciones periódicas y ajustes necesarios para todos los equipos automatizados, incluyendo robots, cobots, cintas transportadoras y sistemas AGV. Al minimizar el tiempo de inactividad no planificado y prolongar la vida útil de los equipos, la empresa puede reducir los costos asociados a reparaciones imprevistas y garantizar un funcionamiento continuo y eficiente.

La capacitación continua del personal es igualmente importante. Proporcionar formación regular sobre el uso y mantenimiento de los nuevos sistemas automatizados asegurará que los empleados estén bien preparados para manejar cualquier situación que pueda surgir. Esta formación debe abarcar programación, resolución de problemas y operaciones diarias. Además, es fundamental actualizar las habilidades del personal con respecto a las nuevas tecnologías y mejoras implementadas en el sistema, garantizando así que la empresa se mantenga al día con los avances tecnológicos y pueda aprovechar al máximo sus capacidades.

Implementar sistemas de monitoreo continuo para evaluar el desempeño de los robots y sistemas automatizados es otro paso crucial. Utilizar herramientas de análisis de datos permitirá identificar áreas de mejora y optimizar las operaciones. Revisar y ajustar regularmente los KPIs asegurará que los objetivos de eficiencia y productividad se estén cumpliendo, permitiendo a la empresa adaptarse rápidamente a cambios en el entorno de producción.

Finalmente, asegurar que todos los sistemas de comunicación y bases de datos estén protegidos contra posibles amenazas de seguridad es fundamental. Implementar medidas de ciberseguridad robustas protegerá los datos de la empresa y de los clientes. Mantener actualizadas las políticas de privacidad y seguridad de datos, cumpliendo con las regulaciones pertinentes, evitará sanciones y mantendrá la confianza de los clientes en la empresa.

La implementación del sistema automatizado ha proporcionado una base sólida para mejorar la eficiencia y productividad de la empresa. Sin embargo, es esencial seguir estas recomendaciones para asegurar que los beneficios se mantengan y se amplíen con el tiempo. La inversión continua en mantenimiento, capacitación, monitoreo, expansión tecnológica, desarrollo de nuevas funcionalidades y gestión de la información posicionará a la empresa para enfrentar futuros desafíos y aprovechar nuevas oportunidades en el mercado.



Referencias y Anexos

Recursos utilizados

En el desarrollo de este proyecto, hemos aprovechado diversos recursos esenciales para lograr una implementación eficaz y una documentación completa en todas sus fases. A continuación, se detallan los recursos utilizados:

Documentación

- Documentos de texto: Para redactar y formatear especificaciones técnicas, manuales de usuario y reportes del proyecto, empleando como herramientas Microsoft Word y Canva.
- Gráficos y diagramas: Para ilustrar conceptos, procesos y arquitecturas del sistema, utilizando herramientas como Lucidchart y Canva.
- Presentaciones: Para organizar y presentar la información de manera visual y accesible en reuniones y demostraciones, utilizando Microsoft PowerPoint y Canva.

Gestión del Proyecto

- Tableros Kanban: Para la gestión de tareas, seguimiento del progreso y colaboración en equipo, utilizando la herramienta Trello.
- Diagramas de Gantt: Para la planificación y visualización de las fases del proyecto, asegurando un seguimiento detallado del cronograma, empleando Gantt Project.

Programación y Desarrollo

- Sensores y microcontroladores: Para la implementación de la lógica y la programación de sensores utilizando Arduino y ESP32.
- Algoritmos y software: Para el desarrollo de la lógica del proyecto y la integración de diferentes componentes, empleando Visual Studio Code y RoboDK.
- Protocolos de comunicación: Para asegurar la comunicación eficiente entre los distintos elementos del sistema, utilizando MQTT.

Simulación

- Simuladores de robots y automatización: Para asegurar que los procesos sean eficientes y se comporten según lo esperado en un entorno controlado, utilizando RoboDK.

Desarrollo Web y Base de Datos

- Desarrollo web: Para diseñar y construir la interfaz de usuario y la experiencia del usuario, utilizando HTML, CSS, JavaScript y Node.js.
- Bases de datos: Para almacenar y gestionar la información del proyecto de manera eficiente, utilizando PostgreSQL.

Control de Versiones

GitHub: Para la gestión de repositorios, seguimiento de cambios y colaboración en el desarrollo de código.

Inteligencia Artificial

- Asistencia en Documentación: La IA de OpenAI, como ChatGPT, ha proporcionado soporte en la creación y revisión de documentación técnica, asegurando claridad y precisión en los textos.
- Asistencia en Programación: GitHub Copilot ha sido utilizado para asistir en la escritura de código, ofreciendo sugerencias y optimizaciones que han mejorado la eficiencia y calidad del desarrollo.

Estos recursos han sido fundamentales para el éxito del proyecto, permitiendo una integración coherente y eficiente de todos los componentes y fases involucradas.

Listado de referencias

[La industria logística en el mundo - Datos estadísticos | Statista](#)

[Industria logística: tamaño mundial del mercado hasta 2028 | Statista](#)

[Un futuro cada vez más presente. Así se transformará el sector logístico en 2023 | Nuevos tiempos | EL PAÍS \(elpais.com\)](#)

[Estos son los desafíos que aún enfrenta el sector logístico ¿Adiós al 'justo a tiempo'? \(forbes.co\)](#)

<https://www.ibm.com/docs/es/integration-bus/10.0?topic=cra-creating-rest-api-from-scratch-by-using-integration-toolkit>

<https://kinsta.com/es/base-de-conocimiento/que-es-node-js/>

<https://github.com/mqttjs>

<https://chatgpt.com/?oai-dm=1>

<https://aws.amazon.com/es/what-is/sql/>

<https://www.udemy.com/>

<https://github.com/espressif>

<http://dspace.utalca.cl/bitstream/1950/13211/3/2022A001058.pdf>

<https://robodk.com/doc/en/PythonAPI/index.html>

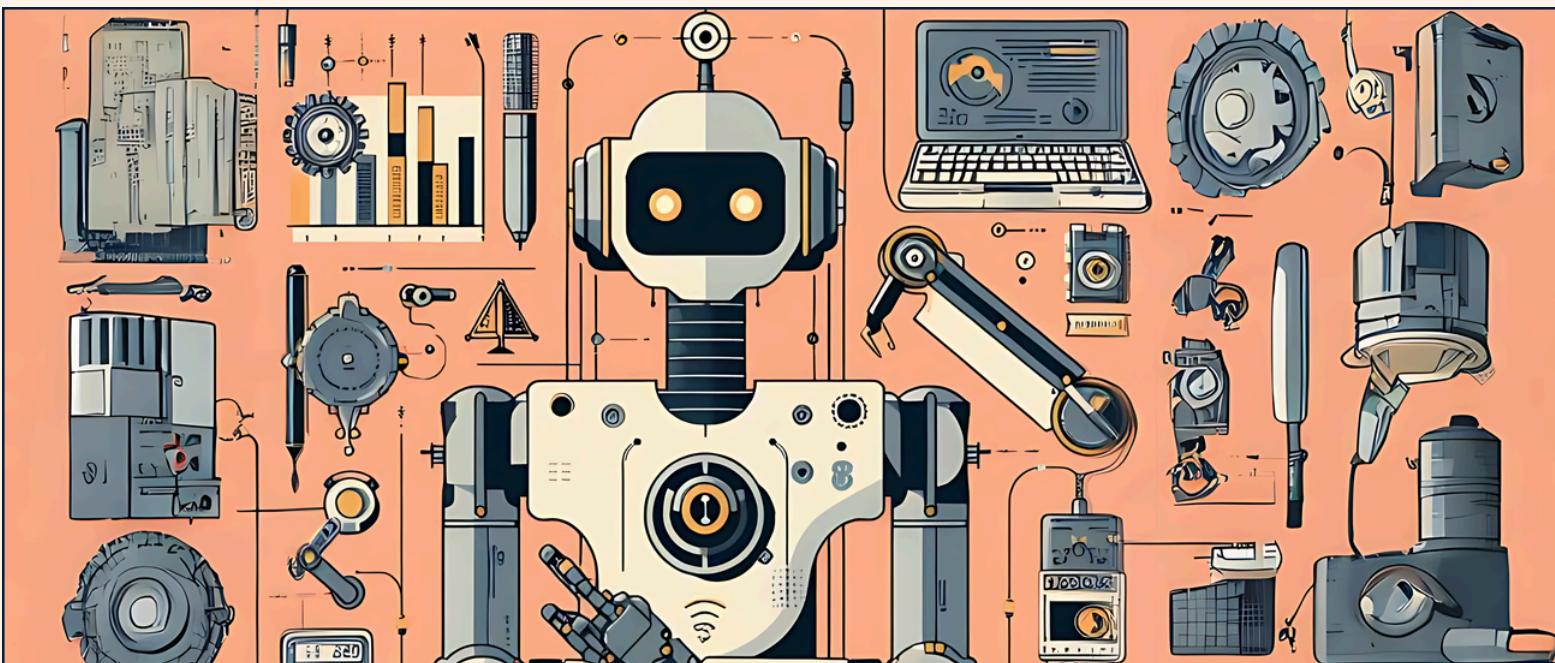
<https://robodk.com/forum/>

FEBRERO - MAYO 2024



ROBOLOGIX

Proyecto de Automatización Industrial



Jose Luis Galán | Alberto Andrés | Gonzalo Albelda | Gonzalo Martín



jolugaav@gmail.com